

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ

Санда Б. Шушњар

**Географски информациони системи у
функцији управљања и заштите природних
потенцијала Семберије (БиХ)**

докторска дисертација

Београд, 2024.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF GEOGRAPHY

Sanda B. Šušnjar

**GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS IN THE
FUNCTION OF MANAGEMENT AND
PROTECTION OF NATURAL RESOURCE
POTENTIALS OF THE SEMBERIJA REGION
(B&H)**

Belgrade, 2024.

Ментор:

Чланови комисије:

Датум одбране дисертације: _____

ИЗЈАВА ЗАХВАЛНОСТИ

Захваљујем се својој породици, пријатељима и колегама који су ми пружали подршку током дуготрајног процеса израде дисертације и бодрили ме да истрајем у моментима када је било тешко наставити.

Захваљујем се свом ментору на стручним увидима, корисним сугестијама и одговорном и професионалном вођењу процеса израде дисертације. Захваљујем бројним институцијама и појединцима који су омогућили реализацију сложеног задатка прикупљања података за ово истраживање.

Географски информациони системи у функцији управљања и заштите природних потенцијала Семберије (БиХ)

Сажетак

Ефикасност управљања природним потенцијалима условљена је квалитетом информација о њиховом размјештају, одликама и објективној процјени угрожености. Семберија представља значајан пољопривредни рејон, са квалитетним земљишним, водним ресурсима и туристичким потенцијалима. Предмет истраживања у раду је примјена интегралних модела у ГИС-у, са методама картографског, геоеколошког и геостатистичког моделовања, у функцији ефикасног управљања и заштите природних потенцијала Семберије. Посредством ГИС-а извршена је идентификација и инвентаризација најзначајнијих природних потенцијала Семберије. Вредновањем су обухваћени: процјена геопросторне погодности за потребе агрошумарства, примјеном Фази АХП модела у ГИС-у и вредновање за геотуризам, примјеном модела ГАМ. Процјена угрожености обухвата процјену земљишних губитака водном ерозијом, примјеном модела РУСЛЕ и процјену угрожености од поплава, примјеном Гавриловићевог модела и модела ХАНД. На крају рада извршено је комплексно повезивање резултата и рангирање површина Семберије према приоритетности за заштиту.

Резултати анализа пружили су потребне информације о својствима и размјештају природних потенцијала, указали на неадекватно управљање земљишним ресурсима и потребу за реорганизацијом намјене површина у Семберији. Добијени резултати могу се примијенити у функцији геопросторне информационе подршке за израду планова просторног развоја и стратешког секторског управљања на простору Семберије, у складу са принципима одрживости.

Кључне ријечи: ГИС, даљинска детекција, Семберија, управљање природним потенцијалима, интегрално моделовање, геопросторно вредновање, угроженост, заштита природе, одрживи развој

Научна област: Геонауке

Ужа научна област: Геопросторне основе животне средине

Geographic information systems in the function of management and protection of natural resource potentials of the Semberija region(B&H)

Abstract

The effectiveness of the natural resources management is conditioned by the quality of information about their distribution, characteristics, and objective vulnerability assessment. Semberija is an important agricultural region, with high-quality land, water resources, and tourism potentials. The research subject of the thesis is the application of integral models in GIS, with cartographic, geo-ecological, and geostatistical modelling methods, in the function of efficient management and protection of the natural potentials of Semberija. The identification and inventory of the most significant natural potentials of Semberija was performed using GIS. The assessment includes: geospatial suitability assessment for agroforestry using the Fuzzy AHP model in GIS, and evaluation for geotourism using the GAM model. Vulnerability assessment includes the assessment of soil losses due to water erosion using the RUSLE model, and the flood vulnerability assessment using the Gavrilović model and the HAND model. Finally, complex linkage of the previous results and ranking of the area of Semberija according to priority for protection was applied.

The results of the analysis provided the necessary information on the properties and distribution of natural resources, indicating inadequate management of land resources and the need for reorganization of land use in Semberija. The obtained results can be applied as geospatial information support in creating spatial development plans and sustainable strategic sectoral management in the area of Semberija.

Keywords: GIS, remote sensing, Semberija, management of natural resources, integral modelling, geospatial evaluation, vulnerability, conservation, sustainable development

Scientific field: Geosciences

Scientific subfield: Geospatial and Environmental science

САДРЖАЈ

| | |
|---|----|
| 1. УВОД..... | 1 |
| 1.1. Предмет истраживања | 3 |
| 1.2. Циљеви и задаци истраживања..... | 4 |
| 1.3. Хипотезе истраживања | 6 |
| 2. ТЕОРИЈСКИ ОКВИР ИСТРАЖИВАЊА..... | 7 |
| 3. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА..... | 13 |
| 3.1. Географски информациони системи у истраживањима природних потенцијала Семберије | 16 |
| 3.2. Претходна истраживања природних ресурса на простору Семберије.... | 17 |
| 4. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА | 22 |
| 4.1. Основне теоријске методе истраживања | 22 |
| 4.2. Посебне методе истраживања животне средине..... | 24 |
| 5. КОМПЛЕМЕНТАРНЕ ГЕОПРОСТОРНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ У ИСТРАЖИВАЊУ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ | 28 |
| 5.1. Даљинска детекција | 30 |
| 5.1.1. Сателитски снимци | 32 |
| 5.1.2. Терестрички снимци | 33 |
| 5.1.3. Аерофотоснимци..... | 34 |
| 5.1.4. Лидар..... | 35 |
| 5.2. Беспилотне летјелице (дронови) у функцији прикупљања података..... | 36 |
| 5.3. Глобални системи за позиционирање | 37 |
| 6. ГЕОГРАФСКИ ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМИ – ДЕФИНИЦИЈА, КОМПОНЕНТЕ И ПРИМЈЕНА | 40 |
| 7. ГЕОГРАФСКИ ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМИ У УПРАВЉАЊУ И ЗАШТИТИ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ | 48 |
| 7.1. ГИС у функцији инвентаризације и мониторинга у животној средини . | 49 |
| 7.2. Анализа и моделовање у животној средини..... | 50 |
| 7.3. ГИС у функцији визуелизације и комуникације..... | 54 |

| | |
|---|-----|
| 7.4. ГИС као подршка системима одлучивања и управљања животном средином | 56 |
| 8. ГЕОГРАФСКИ ПОЛОЖАЈ, ГРАНИЦЕ И ПОВРШИНА ИЗУЧАВАНЕ ТЕРИТОРИЈЕ..... | 59 |
| 9. СТРУКТУРНИ ЕЛЕМЕНТИ У АНАЛИЗИ ПРИРОДНИХ ПОТЕНЦИЈАЛА СЕМБЕРИЈЕ..... | 63 |
| 9.1 ГЕОЛОШКА ПОДЛОГА..... | 64 |
| 9.1.1. Генеза рељефа | 64 |
| 9.1.2. Тектонске и геолошко-петрографске карактеристике | 65 |
| 9.1.3. Минералне сировине и енергетски ресурси | 67 |
| 9.2. РЕЉЕФ | 69 |
| 9.2.1. Рецентни рељефни облици..... | 69 |
| 9.2.2. Морфометријске карактеристике рељефа | 72 |
| 9.2.2.1. Хипсометрија рељефа..... | 72 |
| 9.2.2.2. Нагиб рељефа | 73 |
| 9.2.2.3. Вертикална рашчлањеност рељефа..... | 75 |
| 9.2.2.4. Експозиције рељефа..... | 77 |
| 9.3. КЛИМАТСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И УСЛОВИ..... | 80 |
| 9.3.1. Температура ваздуха..... | 82 |
| 9.3.1.1. Термодромски коефицијент | 86 |
| 9.3.2. Релативна влажност ваздуха | 87 |
| 9.3.3. Падавине | 88 |
| 9.3.3.1. Лангов кишни фактор | 92 |
| 9.3.3.2. Де Мартонов индекс суше..... | 93 |
| 9.3.3.3. Хидротермички коефицијент Сељанинова..... | 96 |
| 9.3.4. Облачност | 100 |
| 9.3.5. Инсолација..... | 102 |

| | |
|---|-----|
| 9.3.6. Вјетар..... | 104 |
| 9.4. ХИДРОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И ВОДНИ РЕСУРСИ..... | 107 |
| 9.4.1. Површинске воде | 109 |
| 9.4.1.1. Непосредни слив Саве | 109 |
| 9.4.1.2. Ријека Дашница..... | 110 |
| 9.4.1.3. Ступањ | 111 |
| 9.4.1.4. Ријека Лукавац (Гњица)..... | 111 |
| 9.4.1.5. Ријека Пожарница | 113 |
| 9.4.1.6. Непосредни слив Дрине | 113 |
| 9.4.1.7. Ријека Јања (Модран)..... | 114 |
| 9.4.1.8. Ријека Тавна..... | 114 |
| 9.4.2. Морфометријске карактеристике сливова Семберије..... | 115 |
| 9.4.3. Морфометријске одлике ријечних токова | 122 |
| 9.4.4. Водни режими | 125 |
| 9.4.4.1. Водни режим ријеке Јање | 125 |
| 9.4.4.2. Водни режим Дрине (Радаљ) | 127 |
| 9.4.4.3. Водни режим Саве (Јамена) | 129 |
| 9.4.5. Потоци, баре и мочваре | 131 |
| 9.4.6. Регулација водотока и систем канала | 132 |
| 9.4.7. Подземне воде | 133 |
| 9.4.7.1. Термалне, минералне и термоминералне воде..... | 136 |
| 9.5. ЗЕМЉИШНИ ПОТЕНЦИЈАЛ | 138 |
| 9.5.1. Хидроморфна земљишта | 139 |
| 9.5.2. Аутоморфна земљишта | 141 |
| 9.6. ФЛОРА И ФАУНА | 144 |
| 9.6.1. Еколошко-вегетацијска рејонизација..... | 145 |

| | |
|--|-----|
| 9.6.2. Фауна..... | 148 |
| 9.6.3. Заштићена подручја | 149 |
| 9.7. ЗЕМЉИШНИ ПОКРИВАЧ..... | 150 |
| 9.7.1. Резултати анализе земљишног покривача | 151 |
| 9.7.2. Резултати теренског прикупљања података о земљишном покривачу..... | 155 |
| 10. ГИС У ФУНКЦИЈИ ПРОЦЈЕНЕ УГРОЖЕНОСТИ ЗЕМЉИШТА СЕМБЕРИЈЕ | 162 |
| 10.1. Угроженост земљишта Семберије од ерозије | 162 |
| 10.2. Модели за процјену потенцијалне ерозивности водом..... | 165 |
| 10.3. Детерминација површина изложених процесима кишне ерозије на простору Семберије | 166 |
| 10.4. Резултати истраживања | 172 |
| 11. ГИС У ДЕТЕРМИНАЦИЈИ ПОТЕНЦИЈАЛНИХ ПЛАВНИХ ПОВРШИНА И ПРОЦЈЕНЕ УГРОЖЕНОСТИ ОД ПОПЛАВА | 178 |
| 11.1. Процјена угрожености од поплава на простору Семберије са подмајевичким крајем..... | 182 |
| 11.2. Резултати процјене угрожености од поплава на простору Семберије | 190 |
| 11.2.1. Резултати прорачуна максималних вода на бујичним токовима Семберије..... | 192 |
| 11.3. Резултати анализе фактора изложености у сливу Лукавца..... | 195 |
| 11.4. Резултати анализе фактора угрожености у сливу Лукавца..... | 198 |
| 11.4.1. Угрожене површине по административним јединицама у сливу Лукавца (РС)..... | 201 |
| 11.4.2. Угрожене урбане површине по насељима у сливу Лукавца..... | 203 |
| 11.5. Резултати анализе фактора изложености у сливу ријеке Јање | 204 |
| 11.6. Резултати анализе фактора угрожености у сливу Јање | 206 |
| 11.6.1. Угрожене површине по административним јединицама у сливу Јање (РС)..... | 207 |
| 11.6.2. Угрожене урбане површине по насељима у сливу Јање (РС) ... | 208 |

| | |
|---|-----|
| 11.7. Резултати анализе фактора изложености великим водама ријеке Тавне | 209 |
| 11.8. Резултати анализе фактора угрожености у сливу Тавне | 212 |
| 11.8.1. Угрожене урбане површине по насељима у сливу Тавне (РС) . | 214 |
| 11.9. Угроженост од поплава у непосредним сливовима Саве и Дрине..... | 215 |
| 11.9.1. Угрожене површине у непосредном сливу Саве | 217 |
| 11.9.2. Угрожене површине у непосредном сливу Дрине..... | 219 |
| 11.9.3. Угрожена насеља у непосредним сливовима Саве и Дрине..... | 221 |
| 12. ГИС У ФУНКЦИЈИ ВРЕДНОВАЊА ПРИРОДНИХ ПОТЕНЦИЈАЛА – ОДРЖИВА ПОЉОПРИВРЕДА (АГРОШУМАРСТВО)..... | 223 |
| 12.1. Подаци и методе у анализи погодности Семберије за агрошумарство | 232 |
| 12.2. Селекција критеријума и интеграција Фази АХП методе у ГИС окружење..... | 235 |
| 12.3. Резултати процјене тежинских коефицијената за потребе агрошумарства | 240 |
| 12.4. Резултати геоеколошког вредновања Семберије за потребе агрошумарства..... | 242 |
| 12.5. Провјера осјетљивости одлучивачког процеса | 243 |
| 12.6. Размјештај погодних површина за вредноване врсте..... | 246 |
| 13. ПРИМЈЕНА ГИС-А И МОДЕЛА ГАМ У ФУНКЦИЈИ ТУРИСТИЧКЕ ВАЛОРИЗАЦИЈЕ ПРИРОДНИХ ПОТЕНЦИЈАЛА | 251 |
| 13.1. Инвентаризација геолокалитета за потребе вредновања | 257 |
| 13.2. Резултати вредновања геолокалитета Семберије са подмајевичким крајем..... | 259 |
| 13.3. Дискусија резултата анализе вредновања геолокалитета | 263 |
| 14. ИНТЕГРАЛНО ВРЕДНОВАЊЕ И ДЕТЕРМИНАЦИЈА РАНГОВА ПРИОРИТЕТА ЗА ПОТРЕБЕ ЗАШТИТЕ | 267 |
| 14.1. Комбиновани фактор угрожености | 267 |
| 14.1.1. Површине према комбинованом фактору угрожености | 269 |

| | |
|--|-----|
| 14.2. Комбиновани фактор погодности..... | 272 |
| 14.2.1. Површине према комбинованом фактору погодности..... | 274 |
| 14.3. Дискусија резултата добијених на основу комбинованог фактора погодности | 275 |
| 14.4. Синтеза индикатора и рангирање приоритетних површина..... | 277 |
| 14.5. Резултати демаркације приоритетних површина заштите према индикатору Rz | 278 |
| 14.5.1. Заступљеност приоритетних површина заштите по административним јединицама | 282 |
| 14.6. Дискусија резултата анализе одређивања приоритетних површина заштите..... | 284 |
| 15. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА | 287 |
| 16. ЛИТЕРАТУРА | 297 |
| 17. СПИСАК ПРИЛОГА..... | 340 |
| 18. СПИСАК ТАБЕЛА..... | 341 |
| 19. СПИСАК СЛИКА..... | 344 |
| 20. БИОГРАФИЈА | 376 |

1. УВОД

Разноликост предјела на Земљи огледа се кроз присуство различитих форми комбиновања природних и створених елемената у њиховом синергетском дејству. Одржавање равнотежних односа међу компонентама геосфере представља основ одрживости и успостављања стабилности унутар геосистема. Улазак у период антропоцена допринио је интензивирању људске активности на Земљи, истовремено остварујући снажан притисак на све остале компоненте геосфере. Предјели се трансформишу под различитим спољним утицајима, а који су често индуковани људским дјеловањем. Трансформација се одвија различитом динамиком и на свим просторним нивоима, од локалног до планетарног.

Промјене у простору често су настајале као резултат потребе за животним простором и свим аспектима које он обухвата. Такве су потребе за простором становања, производњом хране, производњом енергије, привређивања, површинама за рекреативне активности и др. Трансформација и све учесталија деградација животне средине често је нежељена последица људске активности и потребе за склоништем, храном, различитим материјалима, енергијом. Испуњење комплексних потреба и захтјева модерног друштва неријетко је условљено доступношћу природних ресурса. У условима друштвене и економске експанзије јавља се потреба за новим приступом у сагледавању значаја природних ресурса. Потреба за одрживим управљањем природним ресурсима настаје као резултат коначног уочавања вишеструког значаја који природа има за човјечанство. Тако се природни ресурси посматрају кроз очигледне користи за човјека, испољене у производњи материјалних добара, али се све чешће наглашава значај осталих функција природе попут регулације екосистемских процеса и њених: рекреативних, естетских, духовних, едукативних и других функција, које доприносе унапређењу квалитета човјековог живота.

Техничко-технолошко усавршавање производних процеса, у другој половини XX вијека, додатно је интензивирало притисак на природне ресурсе, стијене и минерале, земљиште, воде, биљни и животињски свијет. Диверсификација и раст обима производње у свијету утицали су на снажан економски раст појединих

земаља, али су допринијели прекомјерној експлоатацији и исцрпљивању ресурса природе дајући примат економском расту на штету одрживости. Нови, измијењени услови животне средине настали услед неадекватног управљања природним ресурсима, указивали су на неопходност промјене перцепције и успостављање новог приступа у односу човјека према природи. На темељу нових сазнања о ограничениости природних ресурса и потреби њиховог одрживог коришћења, развијају се и усавршавају нови инструменти и методе управљања природним ресурсима. Циљеви одрживог управљања природним ресурсима обухватају вредновање и ефикасније коришћење природних ресурса, минимално стварање отпада кроз процес рециклирања и заштиту природе.

Ефикасност у креирању адекватне политике управљања простором подразумијева интегралну процјену еколошких, економских и социјалних фактора. Укљученост бројних фактора и заинтересованих страна у одлучивачком процесу управљања природним добрима, додатно усложњава сагледавање различитих перспектива. Из оваквих услова произилази потреба за одговарајућим аналитичким инструментима приликом провођења различитих процедура у управљању природним ресурсима. ГИС и моделовање научних информација представљају неизоставан елемент у процесу просторног одлучивања. Тако се ГИС и научна обрада информација користе у фази прикупљања релевантних информација, у фази анализе и вредновања алтернатива (сценарија), у фази коначне селекције, мониторинга и евалуације изабраних рјешења.

Геопросторна анализа представља незамјењив елемент у управљању и заштити природних потенцијала. Примењеном компјутерских технологија постиже се значајна ефикасност и динамичност приликом реализације геопросторног моделовања. Данас географски информациони системи чине неизоставан инструмент у процесу инвентаризације, валоризације, процјене угрожености и заштите природних ресурса. Мултифункционалност географских информационих система испољава се кроз могућности прикупљања, складиштења, организовања, манипулације и приказа географских података. Географски информациони системи примјењују се у интеракцији са методом даљинске детекције, математичко-статистичким моделима, теренским истраживањима и др. На овај начин омогућава се релативна реконструкција стања у прошлости, врши се квалитетнија анализа

рецентног стања животне средине и омогућава пројектовање потенцијалних стања у будућности кроз креирање алтернативних модела односно сценарија. Примјеном ГИС-а постиже се егзактност у идентификацији алтернатива у управљању природним ресурсима и јасноћа комуницирања између различитих актера у процесу доношења просторних одлука. Географски информациони системи омогућавају процјену постојећих политика управљања природним ресурсима, приказ потенцијалних алтернатива управљања кроз моделе сценарија и доношење ефикаснијих политика управљања и заштите природе.

1.1. Предмет истраживања

Истраживање у овој дисертацији обухвата примјену географских информационих система у функцији управљања и заштите природних потенцијала Семберије. Захваљујући богатству природним ресурсима, овај регион Републике Српске, Босне и Херцеговине, има изузетан развојни потенцијал (пољопривредно земљиште, површинске и подземне воде, ријечни канали, термалне воде, добра саобраћајна повезаност са већим урбаним центрима у окружењу, заштићена рамсарска подручја). Постојање природних вриједности на територији Семберије, намеће потребу за одговорним управљањем, примјеном валоризације, процјене угрожености и заштите природних ресурса и истовремено, посредством пружања релевантних научних информација неопходних у процесу креирања адекватне развојне политике овог простора. Овај рад тежи да кроз иновативни приступ, заснован на примјени географских информационих система и научних метода, картографског и математичко-статистичког моделовања, укаже на вишеструке могућности имплементације научних метода и техника у функцији одрживог управљања природним потенцијалима.

Простор истраживања обухвата мезорегију Семберија (Lepirica, Srkalović, & Srkalović, 2019), коју чини ниски равничарски простор на десној обали ријеке Саве, у сјевероисточном дијелу Босне и Херцеговине. Ова пространа алувијална раван, обликована флувијалним ерозивним и акумулативним процесима, у раду је посматрана у границама административне територије Града Бијељине и општина Угљевик и Лопаре. Семберија је природно предиспонирана према Савско-дунавском басену, са повољним географским положајем и унутрашњом

инфраструктурном повезаношћу. Уз Лијевче поље, овај простор се убраја у најзначајнија пољопривредна подручја у Републици Српској, Босни и Херцеговини (Лукић, 2012). Најзначајнији природни ресурси Семберије су квалитетно земљиште, геотермалне воде, ријечни токови, канали и заштићена природна станишта са специфичним биодиверзитетом. Управо су сазнања о постојању значајних природних вриједности на простору Семберије иницирала потребу за њиховом цјелокупном идентификацијом, као и процјеном угрожавајућих фактора с циљем ефикасније валоризације и заштите природних потенцијала. Комплексност истраживачког проблема условљава потребу за термилошким прецизирањем предмета истраживања.

1.2. Циљеви и задаци истраживања

Основни циљ истраживања је апликација интегралних анализа у ГИС-у, заснованих на приступу комбиновања метода: картографског, гео-еколошког и геостатистичког моделовања. Квантитативно и квалитативно вредновање методама ГИС-а треба да омогући ефикаснију анализу природних потенцијала регије Семберија.

Специфични циљеви истраживања су:

- креирање геобазе података природних потенцијала Семберије;
- идентификација и процјена стања угрожености природних потенцијала Семберије у функцији боље искоришћености ресурса;
- идентификација угрожених површина ради заштите природних потенцијала Семберије (плувијална ерозија, поплаве);
- валидација напредних метода и техника у ГИС-у, у функцији вредновања природних потенцијала Семберије за потребе пољопривредне производње и за потребе екотуризма;
- одређивање нових локација од изузетног значаја за регију Семберија;
- анализа приоритетних површина заштите са потенцијално угроженим природним потенцијалима на простору Семберије, као и њихово картографско представљање.

На основу постављених циљева истраживања утврђен је низ радних задатака:

- прикупљање и анализа релевантне научно-стручне литературе, просторно-планских и осталих стратешких докумената;
- прикупљање података и креирање картографских подлога природних ресурса регије Семберија, коришћењем различитих доступних извора;
- дигитализација и векторизација постојећих аналогних карата (размјера 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000);
- обрада сателитских снимака серије сателита Ландсат (*LANDSAT*) и Сентинел (*SENTINEL*);
- интеграција картографске базе података Корин (*CORINE*) и анализа земљишног покривача;
- употреба дигиталног модела висина (ДМВ) и комбиновање са доступним картографским подлогама подземног и надземног катастра;
- допуна базе података на основу званичних статистичких публикација и годишњака, стратешких докумената и осталих релевантних извора података;
- интеграција података у ГИС окружење за потребе оцјене угрожености природних потенцијала регије Семберија;
- анализа просторних података ГИС методологијом и идентификација површина са угроженим природним потенцијалима;
- идентификација површина конзервације за потребе заштите тла од кишне ерозије и заштите од поплава;
- вредновање природних потенцијала Семберије за потребе унапређења пољопривредне производње (агрошумарство);
- вредновање природних потенцијала за потребе туризма и рекреације;
- идентификација и делинеација површина на простору Семберије са угроженим природним потенцијалима за потребе заштите;
- дискусија о добијеним резултатима, презентовање, визуелизација, квантификација и квалификација;
- могућност примјене резултата истраживања у функцији креирања адекватне политике одрживог управљања природним потенцијалима и одрживог просторног развоја.

1.3. Хипотезе истраживања

Прегледом и анализом претходно објављених резултата истраживања простора Семберије, постављена је основна хипотеза. Примјеном аналитичког, нумеричког и ГИС приступа, омогућиће се опсежно сакупљање и анализа података у функцији ефикаснијег управљања, вредновања и заштите природних потенцијала Семберије. На основу главне хипотезе изведене су радне хипотезе:

1. Географски Информациони Системи омогућиће свеобухватно сагледавање природних потенцијала Семберије као и њихову успјешнију потенцијалну искоришћеност.
2. Истраживањем добиће се бољи увид у природне потенцијале који ће омогућити информациону подршку одрживом развоју регије.
3. Интегрисаним методолошким приступом у ГИС окружењу, обезбјеђују се динамичност, прецизност, квантификовање и објективност приликом комплексног вредновања природних потенцијала Семберије.
4. Семберија посједује значајне природне потенцијале који нису адекватно валоризовани и искоришћени.
5. Актуелно коришћење природних потенцијала није у потпуности усклађено са принципима одрживог управљања и заштите на локалном и регионалном нивоу.
6. Семберија је релативно слабо истражена регија па би њена детаљна анализа омогућила боље сагледавање њених развојних потенцијала као и ефикаснију анализу и вредновање елемената животне средине.

2. ТЕОРИЈСКИ ОКВИР ИСТРАЖИВАЊА

Под природним ресурсима Милутиновић (2020) подразумејива све појаве, процесе и објекте у природи који утичу на развој живог свијета и њихових активности, а које човјек користи као потенцијале за развој. Постојање природних ресурса представља основни предуслов за коришћење природних потенцијала од стране човјека (стр. 13-14). Овим елементима обухваћена су материјална природна добра (земљиште, воде, дрво, флора и фауна) и енергетски ресурси (угаљ, нафта, гас и сл.) (Anderson, 2014; Băcescu-Cărbunaru, 2018).

Прво функционално појашњење термина „природни ресурс“ дао је амерички економиста Ерих Валтер Цимерман (1933), у свом раду „Свјетски ресурси и индустрија: Функционална процјена доступности пољопривредних и индустријских ресурса“. Цимерман је сматрао да се ресурсом могу називати само они материјални аспекти природе које друштво перципира корисним, односно вриједним за задовољење сопствених потреба. „Корисност за човјека, капацитет да се задовоље људске потребе, управо је оно што еколошке аспекте претвара у ресурсе“ (Zimmermann, 1933, стр. 842). У ревидираном издању Цимермановог дјела из 1951. године, негира се премиса о функционалној статичности природних ресурса, наглашава се утицај човјека и друштвеног развоја на процес идентификације и проглашења ресурсом. За Цимермана су ресурси динамичка категорија, чије се значење и вриједност појављују када људи процјењују њихов значај и развијају техничка и научна знања у циљу њихове трансформације у корисне ствари и у складу са личним и друштвеним циљевима (Zimmermann, 1951).

Према Милутиновићу (2020) утилитарност ресурса може се посматрати двојачко, кроз аспект могућности њиховог коришћења и у виду средства превладавања препрека или различитих отпора. За разлику од природних ресурса, природни услови су сви природни елементи који се не могу непосредно користити (клима, рељеф), а који у великој мјери детерминишу могућности коришћења природних ресурса (Михајловић, Илић, & Simonović, 2013). Природни ресурси и природни услови чине еколошки систем. Претходна истраживања наглашавала су функционалну зависност природних елемената од рецентних потреба људског друштва и економског система. Термин „природни потенцијал“ изведен је на

темељу актуелног или будућег значаја природних ресурса за потребе економског развоја датог подручја. Са еколошког аспекта, природни потенцијали обухватају природне ресурсе као природна, материјална добра од користи за човјека и природне услове, који подстичу или ограничавају коришћење датих ресурса. Природни потенцијал је концепт произашао из опште теорије управљања природним ресурсима а подразумијева способност природних система да подрже производне процесе потребне друштву и регулаторне процесе у екосистему а да при томе не дође до њиховог нарушавања (Милановић, 2010; Lebedev, Anufriev, & Anufrieva, 2015).

Једнострано сагледавање развоја кроз апострофирање економског раста, допринијело је бројним проблемима са којима се човјечанство данас суочава. Неки од проблема су: масовна и прекомјерна употреба природних ресурса, исцрпљивање енергетских извора, интензивирање деградације и загађења животне средине, угрожавање станишта, смањење биодиверзитета и нарушавање равнотеже геосистема ширих размјера. Свијест о потреби очувања и одрживог управљања животном средином почела се развијати седамдесетих година XX вијека са првом кризом изазваном несташицом нафте, која је праћена значајним падом економске активности у свијету. Прве назнаке о потенцијалној опасности неконтролисаног управљања ресурсима дате су у извјештају Римског клуба из 1972. године. Тада су еминентни економски стручњаци и бројни научници констатовали да Земља обезбјеђује ограничене природне ресурсе и да ће прекорачење граница експлоатације ресурса, неминовно, завршити катастрофално. Извјештај Римског клуба алармирао је научну јавност и бројне друштвене актере на тражење рјешења у покушају адекватног управљања природним ресурсима и усклађивања развојних циљева друштва према начелима еколошке, економске и социјалне одрживости.

Значајан помак у перцепцији друштва према вишеструком значају природних ресурса презентован је у извјештају Уједињених нација „Миленијумска процјена екосистема“ (Reid, 2005). Овај извјештај указао је на неадекватно управљање природним ресурсима, настало као резултат задовољавања растућих потреба прерађивачког сектора. Извјештајем је указано на мултифункционални аспект природе којим се омогућава креирање вишеструке користи за друштво, од производне и регулацијске до културолошке и рекреативне функције.

Након глобалне процјене стања екосистема предочене Миленијумским извјештајем, бројне земље свијета укључиле су се у пројекат идентификације алтернативних рјешења у управљању природним ресурсима кроз процјене мултифункционалности природних ресурса и екосистема у оквиру националних територија. Први приједлог „Јединствене међународне класификације услуга екосистема“ (Haines-Young & Potschin, 2010) објављен је 2010. године, од стране Европске агенције за животну средину и представљао је важан документ са упутствима за ефикаснију идентификацију и процјену вриједности природних ресурса и услуга природе. Овај документ и његова ревидирана верзија (Haines-Young & Potschin, 2018) засновани су на премисама Миленијумске процјене услуга екосистема и до данас представљају важан инструмент за процјену, описивање и мјерење различитих аспеката природних добара.

Европски Савјет је у јуну 2006. године, усвојио Ревидирану стратегију одрживог развоја (European Commission, 2006). Циљ стратегије је идентификација и развијање активности које ће омогућити дуготрајно унапређење квалитета живота стварањем одрживих друштвених заједница које ће бити способне за ефикасније коришћење и управљање природним ресурсима, које ће користити еколошки и социјални иновативни потенцијал привреде и обезбиједити друштвени просперитет, заштиту животне средине и социјалну кохезију. Стратегијом је идентификовано седам тематских изазова међу којима је област заштите и управљање природним ресурсима. Стратешки циљеви се односе на унапређење управљачких активности и избјегавање прекомјерне експлоатације природних ресурса и препознавање вриједности услуга екосистема. Кључни циљ стратегије је осигурати капацитет Земље за одржање разноликости живота, поштујући ограниченост природних ресурса и осигуравајући висок ниво заштите и унапређења квалитета животне средине.

Иако европски континент располаже значајним природним ресурсима попут површинских и подземних вода, плодног земљишта, минералних и шумских ресурса, богатог и разноврсног биљног и животињског свијета, прогнозе у извјештају са „Међународног панела о ресурсима“ указују на трендове двоструког повећања употребе природних ресурса, у периоду од 2017. до 2050. године (Oberle, et al., 2019). Успјешност у коришћењу природних ресурса постиже се посредством

фаворизовања производних процеса уз мању употребу ресурса и њиховом замјеном са еколошки прихватљивијим рјешењима, када за то постоје могућности.

Многи природни ресурси нису трајно доступни за коришћење. Према обновљивости (исцрпности ресурса) извршена је њихова типологија на обновљиве (вода, ваздух, вјетар) и необновљиве (минерални ресурси и фосилна горива). Без обзира на тип ком припадају, природни ресурси подложни су деградацији или уништењу услед неадекватног коришћења или нарушавања равнотеже, односно отпорности и способности регенерације унутар геосистема (поплаве, екстремне суше и сл.) (Băcescu-Cărbunaru, 2018). У таквим околностима потребно је успоставити адекватан организациони систем управљања животном средином.

Управљање животном средином (еколошко управљање) представља систем управних и управљачких дјелатности којима се настоји очувати или унаприједити квалитет животне средине (Љешевић, 2010). Еколошко управљање обухвата законе, праксу, политике и институције који обликују интеракцију између човјека и животне средине. Обзиром на неопходност успостављања јасно дефинисаног хијерархијски-организованог система управљања у области животне средине, планови и информациона основа еколошког управљања доносе се за потребе административних јединица које посједују управљачке надлежности на датом простору. Љешевић (2010) унутар система управљања животном средином разликује два подсистема: управљачки и управљани подсистем. Управљачки систем у животној средини, сачињен је од низа организација, институција и лица која представљају субјекте управљања. „Управљани подсистем је објекат управљања односно животна средина, а суштински задатак управљања је постизање његовог жељеног (циљног) стања“ (Љешевић, 2010, стр. 215).

Управљање природним ресурсима је концепт произашао из еколошког управљања, а представља сложени процес одлучивања, који обухвата „систем мјера и активности којима се регулише стање природног система у циљу одржавања његове стабилности и које укључују рационалну потрошњу природних ресурса, могућност њиховог обнављања, стварање за то повољног окружења, као и поштовање интереса државе и заштиту еколошких права и интереса појединаца и правних лица“ (Милутиновић, 2020, стр. 42). Систем управљања природним ресурсима обухвата различите процесе истраживања, алокације, трансформације,

прераде и комерцијализације материје из природе с циљем претварања у употребљиве производе и робу. Комплексност система управљања природним ресурсима испољава се кроз потребу за интегралним сагледавањем економских, социјалних, еколошких и техничких аспеката у одлучивачком процесу располагања природним ресурсима. Интегрални приступ чини основу успјешног планирања просторног развоја, заснованог на комплексном сагледавању интеракција и узрочно-посљедичних веза између компоненти животне средине и препознавања мултипликативних посљедица насталих нарушавањем појединачних компоненти. успјешно управљање природним ресурсима и животном средином у цјелини, заснова се на информисању о њеном реалном стању (Љешевић, Мркша, & Милановић, 2011; Милановић, Љешевић, & Милинчић, 2012).

Управљање животном средином саставни је дио планова и програма развоја. Сви развојни процеси морају бити засновани на специфичним квантитативним и квалитативним индикаторима за процјену квалитета живљења. Главни задатак је смањење субјективности приликом процјене утицаја различитих природних и друштвених фактора, што се постиже успјешнијом квантификацијом њихових одлика (Љешевић & Милановић, 2009). Научно-технолошки развој омогућио је интензивнију примјену компјутерске технологије и информационих система чиме се убрзава и аутоматизује процес квантификовања. На овај начине постиже се ефикасније функционисање и извршавање управљачких процедура.

ГИС представља јединствено средство које интегрише софтверску и хардверску компоненту и посредством специфичних алата и модела омогућава прикупљање, организовање, манипулацију, интерпретирање и визуелизацију географских информација. ГИС у функцији управљања и заштите природних ресурса је средство за подршку одлучивању које омогућава интеграцију геореференцираних података у пословна окружења чији је задатак рјешавање просторних проблема (Kukrika, 2000; Ewert, Baker, & Bissix, 2004). Креирање релевантних политика управљања животном средином условљено је квалитетом информација о самом објекту управљања, о структурним елементима животне средине, њеним геокомплексима и њиховој међусобној интеракцији. За усмјеравање стања животне средине, поред релевантних информација, потребно је користи одговарајуће прогностичко-планерске методе ради постизања егзактности

(Љешевић, 2010). Успјешно управљање природним ресурсима на простору Семберије и идентификација развојних потенцијала региона, захтјева комплексан и интегралан приступ у процесу њиховог истраживања, инвентаризације, процјене угрожености, вредновања и заштите. ГИС, комплементарне методе и технике геопросторних истраживања представљају ефикасно, научно утемељено средство информисања одлука у процесу управљања и заштите животне средине. Ефикасност у креирању управљачких циљева заснована на егзактним научним информацијама добијеним примјеном географских информационих система потребно је потврдити кроз селекцију адекватних метода и поступака и директну апликацију на примјеру Семберије.

3. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА

Имплементација географских информационих система у геопросторним истраживањима почела је шездесетих година XX вијека. У овом периоду постојале су различите иницијативе и интересовања на пољу аутоматизације рада са геопросторним подацима. Ове иницијативе биле су резултат тежњи појединаца, често разнолике по свом поријеклу и независне једна од друге. Мотивисаност за рад на развоју географских информационих система или његових компоненти, у прошлости био је резултат академске радозналости и суочавања са бројним изазовима попут могућности коришћења различитих извора података и техника, потребе за већом брзином и ефикасношћу при извођењу операција са геореференцираним подацима. Коначно, често је прихватање чињенице да се жељени задатак не може предузети на неки други начин сем процесом аутоматизације, доприносило иновативности и унапређењу географских информационих система.

Развој географских информационих система одвијао се упоредо са растућим потребама за систематизованим, логички организованим скупом геореференцираних података о природним ресурсима и коришћењу земљишта (Tomlinson, 1967). Пионирска истраживања, развој и унапређење експертских знања у области географских информационих система приписују се Хауарду Фишеру из Харвардске лабораторије за компјутерску графику, Роџеру Томлинсону у Географским информационим системима Канаде, Џеку Дејнџермонду из Института за истраживање еколошких система (*Environmental System Research Institute [ESRI]*) и Дејвиду Бикмору из „Јединице за експерименталну картографију Уједињеног Краљевства“ (Waters, 2017). Период од 1960. до 1975. године обиљежен је новим приступом у управљању географским подацима. Фишер је са својим тимом у Лабораторији за компјутерску графику на Универзитету Харвард заслужан за развој првог софтвера за тематско картирање, „SYMAP“, 1965. године. Техничким унапређењем и имплементацијом овог софтвера у еколошком планирању бавио се стручни тим који је предводио професор емеритус Карл Стајнц (Steinitz, Murray, Sinton, & Way, 1969). Доласком стручњака за истраживање земљишних и шумских ресурса, Ангуса Хила, у систем је уведена техника

хијерархијског вредновања земљишта. Приликом конвертовања Хилових карата у дигиталну форму први пут је употребљен термин „географски информациони системи“ (Chrisman, 2006). Поред Хила, значајан допринос интеграцији техника проучавања и вредновања природних елемената дао је Иан Мекхерг, са Универзитета у Пенсилванији. Мекхергов рад „*Design with nature*“ (McHarg, 1969) подстакао је снажан талас истраживања у области животне средине, а његова техника преклапања картографских слојева, иницирала је интензивну примјену и потребу за аутоматизацијом ове технике (Berry J. K., 1987).

Допринос развоју ГИС-а дао је Џек Дејндермонд, који је дорадио систем и успјешно интегрисао компјутерско картирање са просторним анализама, с циљем креирања квалитетне информационе основе за планирање коришћења земљишта и управљање земљишним ресурсима. Паралелно са овим истраживањима, Родер Томлинсон се бавио могућностима коришћења компјутерске технологије за потребе похрањивања, прикупљања и процјене података о природним и економским елементима маргинализованих земаља (Tomlinson, 1962). У каснијем периоду су временски, технички и финансијски захтјеви приликом израде канадског земљишног инвентара подстакли Томлинсона (Tomlinson, 1967) на размишљање о могућностима аутоматизације овог процеса. Поред Томлинсона, о могућностима и техникама истраживања начина коришћења земљишта у земљама у развоју писао је Бикмор (Bickmore, 1968). Томлинсон је писао о вези између географских информационих система, геопросторних анализа и одлучивачког процеса (Tomlinson, 1974).

Експериментални период имплементације ГИС-а у пројектима од јавног интереса уз подршку владе, обиљежен је истраживањима о различитим могућностима примјене географских информационих система у управљању географским подацима (Tomlinson, Calkins, & Marble, 1976; Tomlinson, 1987; 1988; Shupeng, 1987). Испитивањем компјутерски заснованих система за потребе инвентаризације података о природним ресурсима бавили су се Томлинсон и Бојл (Tomlinson & Boyle, 1981). Аутори су идентификовали двије кључне групе захтјева у управљању геопросторним подацима. Прва група захтјева оријентисана је према конкретним пројектима попут: студија процјене локације аутопутева, студије процјене локације градова, студија процјене локације за потребе одлагања отпада

и сл. У другу групу су сврстали захтјеве базиране на потреби за инвентаризацијом попут: истраживања коришћења земљишта, рељефа и топографије, тла, рамсарских подручја и инвентаризације шумских ресурса. Нова етапа у развоју географских информационих система почела је деведесетих година XX вијека и траје до данас. Ову етапу одликује комерцијализација софтвера, креирање софтвера отвореног типа и потпуно прилагођавање графичког окружења, аналитичких метода и техника, крајњим корисницима (Coppock & Rhind, 1991; Waters, 2017).

Почетком деведесетих година, Гудчајлд (Goodchild M. , 1992) пише о савременим тенденцијама управљања географским подацима које према њему надилазе чисто техничке аспекте и функцију инвентарисања и креирања великих база података. Нова етапа управљања географским подацима фокусира се на просторно-аналитичке моделе у рјешавању комплексних истраживачких питања. Гудчајлд је дефинисао „географску информациону науку“ а у оквиру ње, технике за управљање географским информацијама попут глобалних система за позиционирање (ГПС), даљинске детекције и географских информационих система (Goodchild M. , 2009). Позната су бројна теоријска разматрања о актуелним и будућим перспективама примјене ГИС-а и комплементарних техника у управљању природним ресурсима (Lai, 1990; Woodcock, Sham, & Shaw, 1990; Dangermond, 1991; Fedra, 1993; Mallawaarachchi, et al., 1996; Kumar, Yamaç, & Velmurugan, 2015).

Примјеном ГИС-а у функцији управљања водним ресурсима бавиле су се специјализоване истраживачке институције (Tate & Maidment, 1999; Sui & Maggio, 1999) и истраживачи (Leipnik, Kemp, & Loaiciga, 1993; Srinivasan & Arnold, 1994; Tsihrintzis, Hamid, & Fuentes, 1996; Aspinall & Pearson, 2000; McKinney & Cai, 2002). Нарочито значајна су истраживања Службе за заштиту природних ресурса, Департамента за пољопривреду Сједињених Америчких Држава, чији је математички модел за процјену ерозивности земљишта „*USLE*“ успјешно интегрисан у ГИС окружење (Mellerowicz, Rees, Chow, & Ghanem, 1994; Fistikoglu & Harmancioglu, 2002). Од деведесетих година до данас у употреби су и ревидирани модели за процјену ерозивности и површинског спирања земљишта „*RUSLE*“ (Renard K. , Foster, Yoder, & D.K., 1994; Renard K. G., Foster, Weesies, McCool, & Yoder, 1997) и „*МУСЛЕ*“ модел (Williams J. R., 1982; Smith, Williams, Menzel, & Coleman, 1984;

Zhang, Degroote, Wolter, & Sugumaran, 2009; Sadeghi, Gholami, Khaledi Darvishan, & Saeidi, 2014).

О примјени ГИС-а и комплементарних техника попут даљинске детекције у управљању земљишним ресурсима и вегетацијом написан је велики број радова (нпр. Burrough, 1986; Pitt, et al., 1997; Pitt, Runesson, & Bell, 2000; Cova, 1999; Köhl, Magnussen, & Marchetti, 2006). До сада је написан значајан број радова о примјени ГИС-а и даљинске детекције у управљању намјеном земљишта и анализама земљишног покривача (нпр. Neale & McGrath, 2001; Brown, Pijanowski, & Duh, 2002; Ralphs & Wyatt, 2003; Peterson, Bergen, Brown, Vashchuk, & Blam, 2009) и другим специјалистичким истраживањима.

3.1. Географски информациони системи у истраживањима природних потенцијала Семберије

На простору Босне и Херцеговине, Републике Српске, примјена географских информационих система у управљању природним потенцијалима иницирана је тек почетком новог миленијума. Првобитно се примјена ГИС-а и израда специјалистичких студија на бази геопросторних анализа односила искључиво на секторско управљање природним ресурсима, у специјализованим институцијама попут ЈУ „Воде Српске“, у функцији креирања „Водног информационог система Републике Српске“, у сектору управљања земљиштем ЈУ „Пољопривредног института РС“, приликом израде „Инвентара стања земљишних ресурса у послератном периоду у Босни и Херцеговини“ (FAO, 2000/2002). За потребе управљања геолошким ресурсима, у „Републичком заводу за геолошка истраживања Републике Српске“ креиран је геолошки информациони систем РС. За потребе прикупљања, чувања, ажурирања и дијелења података о биолошком и геолошком наслеђу РС, у Републичком заводу за заштиту културно-историјског и природног наслеђа креиран је „Информациони систем заштите природе Републике Српске“. И поред увођења ГИС-а у системе управљања природним ресурсима, релативно мали број истраживача је анализе засновао на коришћењу ових модела. Само неколико истраживача бавило се могућностима примјене ГИС-а и даљинске детекције у управљању природним ресурсима Семберије.

О могућностима примјене ГИС-а у функцији предвиђања поплава на подручју града Бијељина писали су Амовић, Васиљевић и Вишњић (2015). О утицају комуналних вода на подземне воде Бијељине писала је Покрајац (Рокрајас, 1999). Анализом посљедица флувијалне ерозије у јужним дијеловима Панонског басена на примјеру Републике Српске (доњи ток Босне и доњи ток Дрине) и Републике Србије (слив Колубаре), примјеном метода даљинске детекције и глобалних система за позиционирање, бавили су се Драгићевић, Тошић, Степић, Живковић и Новаковић. (Dragičević, Tošić, Stepić, Živković, & Novković, 2013). Детерминацијом нормализованог индекса вегетације (NDVI) на простору Семберије, примјеном метода даљинске детекције бавиле су се Ђурић и Пожар (Ђурић & Požar, 2017). Знатан број истраживања природних потенцијала Семберије рађен је у другој половини XX вијека примјеном различитих специјалистичких метода. Специјалистичка истраживања бавила су се појединачним анализама геопросторних компонената у оквиру регионалних цјелина, Панонског басена и Посавине са Подрињем, у Босни и Херцеговини.

3.2. Претходна истраживања природних ресурса на простору Семберије

Прва геолошка истраживања у Босни и Херцеговини везују се за Ами Бувеа (*Ami Boué*), који је у периоду 1836. до 1838. године вршио теренска истраживања територије Балканског полуострва, а своја запажања је објавио 1840. године у Паризу, у одјелку за геологију под називом Европска Турска (*La Turquie d' Europe*). Буве се бавио зависношћу рељефних облика од петрографске грађе различитих слојева. Хауер (Hauer, 1868) је дао геолошку карту размјера 1:576000 на којој су издвојени пијесци и шљунци делуввијума сјеверно од Саве и алувијални седименти, јужно од Саве. Велики допринос геолошком истраживању и картирању БиХ дао је Фридрих Кацер, директор Геолошког завода и хонорарни кустос Земаљског музеја у Сарајеву. Кацер (Katzer, 1907) се бавио минералолошко-геолошким истраживањима, а 1907. године објавио је књигу „Угљевик, лежиште лигнита код Бијељине“ са профилима и картом а затим и Геолошку карту листа Јања, размјере 1:75000 (Katzer, 1910). У каснијем периоду регионално-геолошким и стратиграфским истраживањима Мајевице бавио се Лозински (Кацер, 1926). У првој половини XX вијека, генезом леса, са периодима глацијације и

интергласијације, у јужном дијелу Панонског басена бавили су се Павловић (1923), Ласкарев (1951), Цвијић (1924) и Такшић (Takšić, 1947). Геолошка истраживања простора Семберије интензивирани су од друге половине XX вијека. Картирањем неогених седимената босанске Посавине бавио се Миљуш (Miljuš, 1961). Нафтно-геолошка истраживања простора сјеверне Босне обрадили су Јеласка (Jelaska, 1976), Булић и Шимундић (Bulić & Šimundić, 1976). У каснијем периоду, прецизнија геолошка истраживања и картирање територије Босне и Херцеговине извршено је приликом израде Основне геолошке карте СФРЈ, чиме је обухваћено истраживање и картирање простора Семберије и приказано на картографским листовима: Зворник (Mojsilović, i drugi, 1975), Бијељина (Vrhovčić & Mojićević, 1984), Тузла (Čičić, Mojićević, Jovanović, Tokić, & Dimitrov, 1990) и Брчко (Buzaljkо, Vujnović, & Olujić, 1985).

Геоморфолошки прикази Семберије често су рађени у склопу регионално-геолошких и регионално-географских изучавања простора. Кацер (1926) у првој књизи издања „Геологија Босне и Херцеговине“, даје преглед орографске основе са вертикалном рашчлањеношћу Босне и Херцеговине, доводећи у везу предјеле са геолошким структуром. У периоду након Другог свјетског рата истичу се истраживања Марковића (Marković J. , 1967), који је од 1954. до 1957. године истраживао терен Мачве, Шабачке Поцерине и Посавине при чему је дао посебан осврт на фазе у еволуцији рељефа доње Саве са мачванском и семберском макроплавинам. У свом раду „Макроплавине Југославије“, Марковић (Marković J. , 1962) је идентификовао морфогенетске процесе и фазе у развоју мачванско-семберске макроплавине Дрине. У оквиру регионално-географских истраживања Савезне Федеративне Републике Југославије, исти аутор на простору јужног панонског обода издваја посебну морфолошку цјелину, Посавску Босну са Семберијом (Марковић, 1970). Прва геоморфолошка карта БиХ је рађена на основу геолошких карата и топографског материјала, а публикована 1933. године у размјери 1:1200000, као дио „Прегледне геоморфолошке карте Краљевине Југославије“ (Јовановић С. П., 1933). Прецизнија теренска геоморфолошка истраживања овог простора рађена су седамдесетих година, приликом израде Геоморфолошке карте СФРЈ у размјери 1:500000 (Savez geografskih društava, 1992). У новијем периоду, истраживања и преглед литературе о геоморфолошким

процесима, облицима и генетским типовима рељефа у БиХ дао је Лепирица (Lepirica, 2013).

О климатским специфичностима Семберије нема детаљнијих истраживања, а климатске одлике простора анализирани су кроз макроклиматску типологију Југославије, односно СР БиХ (Вујевић, 1956; Milosavljević M. , 1963; Milosavljević N. R., 1973). Рејонизацијом поднебља у Југославији, према Кепеновој класификацији климата са девет подваријанти умјерено-топлог климата бавио се Дукић (1976). Биоклиматским истраживањима у Босни и Херцеговини бавио се Милосављевић (Милосављевић, 1983). Утицајем урбанизације Града Бијељине на термални комфор становништва бавила се Ђурић (2021). У периоду након 2000. године, климатске специфичности БиХ и истраживаног простора Семберије анализирани су кроз аспект климатске регионализације (Drešković, 2011) и израду прегледних карата и климатског атласа Босне и Херцеговине (Бајић & Трбић, 2016).

Хидролошке и хидрогеолошке одлике простора Семберије изучаване су кроз бројне специјалистичке студије и истраживања. Хидролошка проучавања рађена су у саставу ширег проучавања Дунавског слива (Prohaska, 2013; Brilly, 2010; Sommerwerk, et al., 2022), истраживања сливног подручја ријеке Саве (Јукић, 2008; Turnšek & Raunović, 2002; Ђорђевић, Судар, Хркаловић, & Кнежевић, 2013; Hrvatović, 2008; Vjelajac, Leščešen, Micić, & Pantelić, 2013), односно субслива ријеке Дрине (Prohaska, Simić, Orlić, & Ristić, 2004; Leščešen, Pantelić, Dolinaj, Stojanović, & Milošević, 2015; Жупански, 2015). У претходном периоду објављени су бројни извјештаји и планска документа из области управљања водним ресурсима (Завод за водопривреду, 2008; 2015; Воде Српске, 2017; Svetska banka, 2015; Sudar, i drugi, 2020), процјене учесталости и угрожености од великих вода Саве и Дрине (Ристић, Радић, & Васиљевић, 2009; Plavšić, Vladiković, & Despotović, 2014; Трифковић, Судар, Дашић, & Станић, 2021; Prohaska, Simić, Orlić, & Ristić, 2004; Prohaska & ilić, 2016).

Поред значајних истраживања површинских токова, на простору Семберије, нарочито су значајна истраживања и картирање подземних вода (Тохољ, Јоловић, Главаш, & Митровић, 2016) и процјена могућности коришћења геотермалних ресурса за потребе производње енергије и топлификације (Milojević & Perić, 1986; Đurić & Radovanović, 2012; Đurić & Đurić, 2015; Рајчевић & Црногорац, 2014;

Milivojević, Cvijetić, Martinović, & Vukelić, 1996; Milivojević, 1995). Велики значај дат је и могућностима коришћења термалних и термоминералних изворишта у функцији лијечења и балнеотерапије (Milenić, Krunić, & Milanković, 2012; Kiełczawa, 2018; Rover & Tomić, 2018).

Педолошка истраживања Семберије рађена су приликом израде ситно-размјерне педолошке карте Југославије 1:1000000, шездесетих година XX вијека, у издању Југословенског друштва за проучавање земљишта (1961). Приликом израде педолошке карте Југославије, СР БиХ, у периоду од 1972. до 1973. године урађене су карте тла секције Бијељина (1-4) у размјери 1:50000 (Jakšić, 1973; Vrlec, 1972; Mijatović & Vuletić, 1973). Проучавањем долинских типова тла на примјеру Посавине, у СР Хрватској, бавио се Ковачевић (Kovačević, 1966), док су се класификацијом земљишта Југославије бавили Шкорић, Филиповски и Ћирић (Škorić, Filipovski, & Ćirić, 1985). У периоду од деведесетих година до данас, допринос истраживању земљишних ресурса Републике Српске дали су Марковић и Комљенић (Marković & Komljenić, 2002) који су се бавили могућностима коришћења, унапређења и заштите земљишта Републике Српске (Marković M. , 2001; 2005). О земљишним ресурсима Републике Српске писали су Каповић Соломун и Марковић (2022). Проблемима угрожености земљишта ерозијом у Републици Српској, Босни и Херцеговини, бавили су Лазаревић (1997) и Тошић (2007; 2008).

Истраживања флоре и фауне Семберије су била ријетка. Први систематизовани пописи флоре рађени су збирно за територију Босне и Херцеговине, а рад на систематизацији и попису обавио је аустријски ботаничар и сарадник Земаљског музеја у Сарајеву, Бек-Манагета (Beck-Mannagetta G. , 1904), у првој половини XX вијека. Бек-Манагета је у периоду од 1903. до 1927. године, у Гласнику Земаљског музеја у Босни и Херцеговини, објавио 11 наставака са систематизованим пописом флоре Босне и Херцеговине (EU Greenway, 2013). Бекова истраживања је наставио и допунио низом прилога флори Босне и Херцеговине, ботаничар Мали (Malý, 1908). Ови истраживачи заслужни су за идентификацију специфичних биљних врста Мјехурача (*Utricularia vulgaris*) и Ребратица (*Hottonia palustris*) на простору Бијељине. Истраживањима орнитофауне Сјеверног дијела Босне и Херцеговине крајем XIX вијека бавио се Отмар Рајсер

(Reiser, 1905) a резултати његових истраживања објављени су у монографији „*Ornis Balcanica*“. У каснијем периоду, истраживања орнитофауне Босне и Херцеговине је наставио Обратил (Obratil, 1967). Истраживањима флоре и вегетације панонског дијела Републике Српске бавила се Шуматић (Šumatić, 1997). Истраживања подручја Бијељине у XXI вијеку наставили су истраживачи Републичког завода за заштиту културно-историјског и природног наслеђа Републике Српске (Петронић, Радошевић, Тодоровић, Панић, & Братић, 2014). О резултатима истраживања су писали Ћурчић, Станковић, Милинковић и Петровић-Томановић (Ćurčić, Stanković, Milinković, & Petrović-Tomanović, 2017), са посебним освртом на откриће угрожене, ендемичне врсте рибе Мргуде (*Umbra krameri*) (Ћурчић, 2017), у рамсарском подручју Громижељ, на територији Бијељине.

4. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

Методолошки оквир обухватао је примјену основних теоријских и посебних метода истраживања у животној средини према класификацији Љешевића (2010). Избор и примјена метода одређена је у складу са постављеним специфичним циљевима и задацима различитих фаза истраживања.

4.1. Основне теоријске методе истраживања

Ова група метода обухвата методе анализе и синтезе, генерализације, и друге. Ове методе кориштене су у различитим фазама израде тезе. **Метода анализе** примјењиваће се у различитим фазама израде докторске дисертације. Елементарна анализа (Љешевић, 2010) користиће се за преглед научне литературе и досадашњих истраживања на дату тему. Метода анализе користиће се користити приликом идентификације аналитичких метода примјене ГИС-а у управљању и заштити животне средине и идентификације структурних елемената коришћених у анализи природних потенцијала. Каузална анализа користиће се за утврђивање односа повезаности између идентификованих стања компонената животне средине и процјену угрожености и погодности за специфичну намјену. Функционална анализа користиће се за идентификацију фактора утицаја на ерозивне процесе и угроженост од поплава на простору Семберије. Компаративна метода (метода упоредне анализе) (Љешевић, 2010) користиће се приликом упоређивања просторних аспеката анализираних појава ерозије и површина потенцијално угрожених поплавама. Приликом вредновања природних потенцијала, компаративна анализа користиће се за утврђивање просторних предности са аспекта пољопривредне производње и за потребе развоја туризма. Историјско-компаративна метода ће се користити за хронолошки приказ, анализу варијабилности и промјена компоненти и циклуса у животној средини Семберије.

Метода синтезе користиће се након парцијалних анализа процјене угрожености и осјетљивости природних ресурса, као и вредновања природних потенцијала. Синтетска метода омогућиће интегрисање и креирање узрочно-последичних веза приликом парцијалних процјена угрожености и приликом вредновања природних потенцијала Семберије. Синтеза ће се користити приликом

интегралног вредновања природних потенцијала и утврђивање приоритета заштите на простору Семберије, заснованог на претходним поступцима процјене угрожености и вредновања природних потенцијала.

Метода класификације у истраживању животне средине обухвата географску систематизацију и груписање објеката по класама, које се доминантно разликују по својим квантитативним својствима. Класификација ће се користити приликом идентификације и утврђивања просторног размјештаја елемената животне средине за потребе даљих анализа угрожености и вредновања природних потенцијала. Класификација ће се користити и приликом утврђивања категорија земљишног покривача и намјене земљишта. Класификација ће се примјењивати приликом идентификације класа угрожености од плувијалне ерозије и поплава и приказ класа погодности површина за потребе агрошумарства.

Статистичке методе обухватају примјену квантитативних метода у анализи масовних појава које се одликују варијабилношћу. Овај метод користиће се за утврђивање општих карактеристика варијабилних појава и откривање правилности и законитости њиховог испољавања. Статистички метод биће примијењен на просторном скупу насеобинских јединица Града Бијељина и општина Угљевик и Лопаре у Републици Српској. Користиће се за утврђивање варијабилности квантитативних карактеристика природних ресурса. Поред општих одлика варијабилности, овај метод омогућиће истраживање односа и веза између показатеља статистике становништва и насеља и присуства и алокације природних ресурса. За ове потребе користе се: статистичка интерполација, статистичка корелација, мултиваријациона анализа и др. Приликом статистичких анализа кориштен је програмски пакет „*MS Office*“.

Метод моделовања у истраживању природних потенцијала Семберије примјењиваће се приликом креирања картографских приказа размјештаја структурних одлика појединачних компоненти животне средине као и за процјену угрожености Семберије од ерозивних процеса и поплава.

Поред основних метода, у раду су примијењене посебне методе истраживања животне средине које су обухватале методе непосредног истраживања, методе евалуације животне средине и картографску методу. У групи метода непосредног истраживања животне средине примијењени су: непосредно опажање (теренска

метода), географско-еколошка метода и теледетекционе методе. Методе евалуације животне средине обухватале су атрибутивно дефинисање и оцјену елемената животне средине, квантитативно и квалитативно вредновање.

4.2. Посебне методе истраживања животне средине

Метода непосредног посматрања простора користиће се у фази прикупљања података, приликом осматрања и фотографисања терена, као и за потребе компарације и провјере резултата картографског моделовања у односу на актуелно стање на терену. **Географско-еколошка метода** (Љешевић, 2010) обухвата посматрање засновано на низу поступака и техника истраживања у чијој основи се налази научно посматрање, мјерење, упоређивање, генерализација, картографисање и издвајање, односно идентификација различитих територијалних цјелина. Географско-еколошки метод ће се користити у свим фазама израде дисертације. Дескрипција ће се користити у оквиру географско-еколошке методе приликом описивања просторних одлика Семберије и њених природних потенцијала. Дескриптивна метода користиће се за квалитативни приказ научних чињеница чиме ће се омогућити адекватно извођење судова и закључака у фази синтезе и закључних разматрања.

Теледетекционе методе (*Remote Sensing*) обухватају даљинска истраживања животне средине посредством система који нису у физичком контакту са испитиваном појавом или објектом. Даљинско истраживање у животној средини најчешће се односи на употребу сензора за осматрање и снимање посредством сателита или авионских летјелица. У дисертацији ће се користити методе даљинске детекције у интеракцији са методом дигиталног картирања за приказ дигиталног модела висина и анализу рељефних одлика и прикупљање и анализу података о земљишном покривачу.

Картографска метода примијењује се за визуелну идентификацију и разумијевање реалног и апстрактног садржаја геопростора. За потребе ефикасног преношења информација о локацији, структурним и функционалним карактеристикама и везама природних и друштвених појава и процеса користе се картографски модели или карте. Картографско моделовање примјењује се у различитим фазама истраживања јер омогућава „...материјализацију сазнања о

реалном свијету и графичко-визуелну интерпретацију“ (Јовановић & Живковић, 2020, стр. 421). Картографском методом обухваћени су процес израде карата и процес упознавања стварности посредством карте (Lješević & Živković, 2001). Картографска метода примијењена је током појединачних анализа компонената животне средине и за комплексно, синтезно представљање резултата истраживања. Примјена картографске методе заснива се на дигиталном картографисању посредством ГИС софтвера (*ArcGIS 10.8*, *QGIS 3.22*) и софтвера за обраду и приказ сателитских снимака у животној средини (*SAGA*).

Картографска метода користиће се у свакој фази израде докторске дисертације. Картирање ће бити примијењено током парцијалних анализа: а) картирања размјештаја и дисперзије природних ресурса у простору, б) детерминације површина изложених ерозивним процесима и процесима плављења в) идентификације површина угрожености и неопходности заштите природних потенцијала, г) вредновања појединачних елемената, д) идентификације и рангирања површина погодних за потребе агрошумарства и њ) идентификације и рангирања површина погодних за одрживи туризам. Картографисање у ГИС-у ће се користити за приказ резултата свих појединачних анализа и приказ интегралног вредновања природних потенцијала Семберије. Коначно, картографско моделовање и визуелизација користиће се у синтетској фази, приликом идентификације и рангирања површина Семберије, према приоритетности за заштиту.

ГИС моделовање у животној средини – обухвата поједностављену репрезентацију и симулацију неког процеса, феномена или система примјеном географских информационих система. Обухватају примјену математичких модела у интерпретацији структурних односа и процеса у животној средини. У раду ће се користити ГИС моделовање у следећим фазама истраживања:

- а) за потребе инвентаризације и приказа просторног размјештаја и заступљености природних потенцијала Семберије;
- б) за потребе креирања дигиталног модела терена Семберије,
- в) хидролошко моделовање у ГИС-у користиће се за потребе анализе хидрографске мреже и анализе изворишта Семберије;

- г) аналитичко моделовање моделом РУСЛЕ (*RUSLE*), користиће се за потребе идентификације површина угрожених ерозивним процесима;
- д) модел процјене геотуристичких потенцијала – *GAM (Geosite Assessment Model)*, у функцији вредновања природних потенцијала за потребе туризма;
- ђ) дигитално картографско моделовање користиће се за презентовање резултата парцијалних анализа у ГИС-у и за синтетски приказ интегралног вредновања природних потенцијала Семберије.

Методе геоеколошког вредновања

Ове методе обухватају **квантитативно и квалитативно вредновање** компонената или комплекса животне средине. У раду ће се примјењивати вредновање површина односно оцјењивање геопросторне погодности елемената и комплекса животне средине, на основу сета критеријума. Суштину методолошког поступка чини хијерархијско разлагање комплексних одлука на хијерархијски организоване циљеве. Одабир рјешења врши се на основу селекције критеријума и одређивања њиховог степена значајности кроз серију упоредних матрица. Након чега слиједи избор алтернатива и коначна селекција рјешења у складу са задатим преференцијама у поступку одлучивања. Интегрисањем **методе вишекритеријумског одлучивања**, попут „фази“ аналитичког хијерархијског процеса (АХП) у ГИС окружење, омогућава се селекција и картографска визуелизација оптималних рјешења у анализи погодности површина за специфичну намјену. Оне у ствари представљају просторни приказ квантитативно-квалитативних разлика терена у склопу простора који је вреднован. У раду ће се ова метода користити у функцији вредновања природних потенцијала за потребе агрошумарства. За вредновање геолокалитета за потребе туризма користиће се метод ГАМ.

Методе геопросторне статистике обухватају процес извлачења сажетих информација из сета просторних података и њихово поређење са теоријским моделима који објашњавају настанак и развој просторних образаца. Представљају варијанту статистичких метода специјализованих за анализу и интерпретацију геореференцираних података. Ове методе обухвата групу методолошких поступака у које спадају:

- просторна интерполација – инверзна интерполација (*IDW*), триангулацијска неправилна мрежа (*TIN, Triangulated Irregular Network*) а које су коришћене за креирање растерских вриједности климатских параметара и за креирање дигиталног модела рељефа;
- просторна корелација (процјена густине језгра, *Kernel density estimation*), коришћена је за утврђивање рангова приоритета, утврђивање густине елемената и идентификацију приоритетних површина заштите.

У раду ће се користити истраживачке технике за прикупљање, анализу и обраду података:

- ГПС за прикупљање података на терену;
- ГИС алати (припрема, обрада, анализа података, моделовање и визуелизација);
- мултиспектрална анализа сателитских снимака;
- геостатистичко моделовање;
- картографска визуелизација;
- дигитална картографска анализа;
- анкетирање.

5. КОМПЛЕМЕНТАРНЕ ГЕОПРОСТОРНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ У ИСТРАЖИВАЊУ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Истраживања животне средине имплицирају покушај сагледавања интеракција између човјека и животне средине. Комплексност веза и односа између природе и људског друштва утичу на избор релевантних метода и техника за њихово истраживање (Табела 1). У истраживању животне средине користе се различите методе, инструменти и технике с циљем прибављања валидних и релевантних информација и креирање научне базе знања о сложенем систему животне средине, као предуслова за њено разумијевање, вредновање, планирање и заштиту. Методе истраживања и евалуације животне средине могу се подијелити у четири групе (Љешевић, 2010, стр. 471-620):

1. Теоријске методе и поступци изучавања животне средине (методе анализе и синтезе, метода класификације, статистичка метода, метода моделовања, просторни дисперزيونи динамички модели);
2. Посебне методе истраживања животне средине: метода непосредног истраживања компоненти и комплекса животне средине (географско-еколошка метода, метода осматрања у животној средини, геофизичке методе истраживања); методе истраживања на узорку (метода експеримента, физичко-хемијске методе, методе аутоматског мјерења загађености) и теледетекционе методе у истраживању животне средине;
3. Методе евалуације животне средине (регионализација геопростора, квалитативна валоризација животне средине, квантитативна евалуација елемената и комплекса животне средине, метода бонитације, метода биланса, економетријске методе;
4. Картографска метода истраживања животне средине.

ГИС са могућностима интегрисања и похрањивања разноврсних типова података, обједињавањем различитих истраживачких метода, коришћењем бројних аналитичких модела, могућношћу симулације и динамичног визуелног приказа, суштински обједињују наведене методолошке групе. Од зачетака до данас, ГИС је постао технологија трансформације која омогућава интегрисање, управљање, већу доступност, дијелење и визуелизацију података о животној средини, добијених из

различитих извора, са напредним аналитичким способностима и истраживањем структурних односа, процеса и закономјерности у животној средини. На овај начин омогућено је предвиђање потенцијалних промјена у животној средини и будућег утицаја људских активности на животну средину, чиме се постиже једноставност и концизност у комуникацији алтернативних рјешења и поспјешује ефикасност одлучивања у области животне средине.

Табела 1. Класификација аналитичких инструмената, техника и метода истраживања животне средине (Mihajlov, 2010, стр. 10)

| група | подгрупа |
|--|---|
| Процедурални аналитички инструменти | Политике и прописи Стратегије и плански документи Евиденције Експертско мишљење (<i>Delphi</i> метод) Метод „стабла одлучивања“ (<i>Decison tree</i>) Технички прописи (еколошки стандарди ISO 9001 до ISO 14000) |
| Инструменти за прикупљање података | мјерења (директна и индиректна) мониторинг систем индикатора катастри земљишта, катастри загађивача инвентаризација |
| Инструменти за обраду података, процјену и анализе | Обрада резултата мјерења Статистика Матрице утицаја на животну средину (<i>SWOT</i>) Анализа трендова у животној средини Моделовање и симулација Картографско моделовање и ГИС у животној средини (обухвата глобалне позиционе системе, даљинску детекцију и ГИС) Анализа трошкова и добити у животној средини (<i>Cost-Benefit analysis</i>) Мултиваријациона анализа |
| Инструменти управљања и менаџмента | Стандардизација у животној средини Корпоративни стандарди Екодизајнирање производа и еколошке ознаке Заступање и преговарање Анализа сценарија |
| Дијагностички инструменти | Процјена утицаја на животну средину Приказ и оцјена стања животне средине Свеобухватна процјена стања животне средине |

ГИС, као средство за рјешавање проблема у животној средини и подршке одлучивању, интегрише процедуре систематског осматрања, мјерења и експериментисања, као и формулисање, тестирање и модификацију претпоставки базираних на просторним подацима, просторним анализама и моделима (Zhu, 2016). Овај сложени систем интегрише већи број аналитичких метода и техника које се примјењују у различитим фазама одлучивачког процеса и рјешавања проблема у животној средини, почевши од фазе дефинисања и структурирања проблема, фазе прикупљања података и њихове анализе, фазе пројектовања и имплементације потенцијалних рјешења, до коначне фазе представљања резултата.

Користећи комплементарне технике и методе, ГИС олакшава поступак инвентаризације и прикупљања података, примјеном различитих аналитичких модела и геостатистике, доприноси поступку претварања сирових података у релевантне научне информације, истовремено обезбјеђујући визуелни приказ и једноставнију комуникацију са различитим интересним групама у процесу управљања животној средином. Да би се постигла научна релевантност и егзактност у реализацији сваке од фаза истраживања елемената, својстава, стања и процеса који се дешавају у животној средини неопходно је примијенити и друге комплементарне методе и технике прикупљања и моделовања података у животној средини, које се могу свести под термин „геопросторне технологије“. Овим термином означава се примјена различитих високо-технолошких система и алата за прикупљање, анализу, управљање, похрањивање и визуелизацију различитих типова геореференцираних података (Shellito, 2020, стр. 60). Овим термином обухваћене су различите истраживачке методе и технике попут: глобалних система за позиционирање (*GPS, Global Positioning System*), даљинске детекције (*RS, Remote sensing*) и ГИС-а.

5.1. Даљинска детекција

Даљинска детекција представља специфичан метод коришћења сензора за потребе осматрања и биљежења података о животној средини, без директног контакта са самим предметом интересовања. Суштина ове методе је биљежење података о животној средини на основу електромагнетног зрачења које региструју сензори на платформама за осматрање, сателитима, авионима и другим

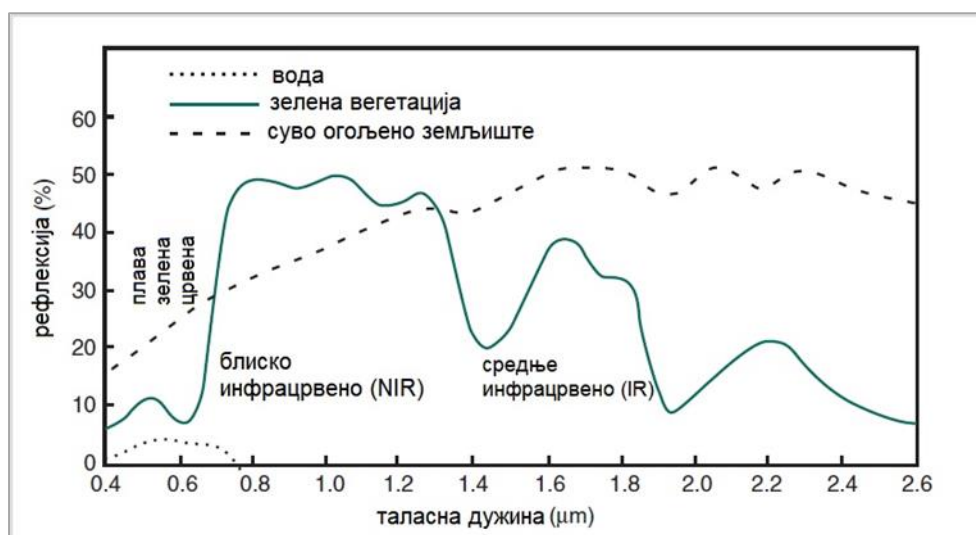
специјализованим летјелицама (дроновима). Даљинска детекција односи се на различите форме даљинског добијања података у простору попут регистровања електромагнетног флукса зрачења, регистровања звучних таласа и дејствујућих сила, биљежењем промјене брзине, правца и облика кретања или промјене енергије тијела. У истраживању животне средине најзаступљенија је употреба даљинске детекције засноване на рефлексији електромагнетног зрачења, а разликују се пасивна и активна даљинска детекција (Bricombe, 2010, стр. 39-41).

Пасивна даљинска детекција заснива се на коришћењу енергије Сунчевог зрачења, при чему сензори на сателитима врше регистровање рефлектованих електромагнетних таласа. Активна даљинска детекција заснива се на емитовању електромагнетних таласа са одређеног уређаја (авиони или беспилотне летјелице), при чему се подаци о осматраном објекту (површини) добијају одбијањем електромагнетних таласа са истраживаног објекта. Рефлектовани електромагнетни таласи биљеже се помоћу сензора (радара) на летјелицама. Електромагнетно зрачење добијено сензорима биљежи се у виду свјетлосног зрачења одређене таласне дужине, у складу са спектром електромагнетног зрачења. Спектар електромагнетних таласа креће се у распону од краткоталасног зрачења у облику гама (*gamma*) и икс (X) зрака, до дуготаласног зрачења у виду радио таласа.

Истраживања животне средине заснивају се на коришћењу ултраљубичастог спектра (0,003 μm до 4 μm), видљиви дио спектра (0,4 μm до 0,7 μm), инфрацрвени (0,7 μm до 300 μm) и микроталасна или радарска зона (0,3 до 300 cm). На основу одбијања, апсорпције, преношења и емитовања зрачења у различитим дијеловима електромагнетног спектра омогућава се идентификација објеката на земљиној површини. Зрачни таласи се конвертују у дигитални формат, најчешће у виду фотографских снимака. Да би се подаци добијени даљинском детекцијом могли превести у релевантне научне информације потребно је извршити анализу снимака, дешифровање и фотоинтерпретацију забиљежених снимака. Употреба сателитских снимака у проучавању животне средине зависиће од квалитета и резолуције снимака. Могућност употребе података у ГИС-у, добијених даљинском детекцијом, одређен је просторном, спектралном и временском резолуцијом снимака. Просторна резолуција снимака дефинисана је максималном величином објеката коју сензор може да забиљежи и која се може разазнати на снимку, а као мјерна

јединица најчешће се користи пиксел (ћелија растера) (Harvey, 2015). Подаци добијени даљинском детекцијом, попут сателитских снимака и аерофотоснимака, користе се за проучавање варијација у карактеристикама рељефа, укључујући вегетацију, воде, геолошку подлогу.

Даљинском детекцијом најчешће се производе снимци са величином пиксела која може варирати од 0,5 m до 1000 m. Просторна резолуција и обухват снимака може варирати, од 9×9 km до 200×200 km (Longley, Goodchild, Maguire, & Rhind, 2005). Временска резолуција се односи на брзину кретања сателита, односно у ком временском интервалу сателит понавља прелазак изнад исте тачке и врши снимање. Спектрална резолуција се односи на опсег електромагнетног спектра зрачења које сензор може да забиљежи (Harvey, 2015).



Слика 1. Спектрални отисак воде, здраве вегетације и сувог, огољеног земљишта. Прилагођено на основу „*Geographic information systems and computer cartography*“ (Jones, 1997).

5.1.1. Сателитски снимци

Сателитски снимци добијени мисијама „*Landsat*“ и „*ESA Sentinel*“ омогућавају снимање великих пространа (нпр. *LANDSAT*, 185 × 175 km) Земљине површине и генерисање обимног сета података, у кратком временском периоду. Предност примјене сателитских снимака је континуирано, даноноћно биљежење података, без обзира на временске услове, будући да радарске таласне дужине могу продирати кроз облаке. Ово је нарочито битно приликом биљежења и

картирања природних непогода попут поплава и пожара насталих при лошим временским условима (Wricombe, 2010). Сателитски снимци се користе за добијање података о природним ресурсима (стијене и минерали, воде, ваздух, земљиште), за истраживање сњежног покривача и ледника, за идентификацију предјела и геоеколошку регионализацију, за анализу природне вегетације и непошумљеног земљишта, за истраживање земљишног покривача и намјене земљишта, за утврђивање типа вегетационог покривача, за детекцију и картирање екосистема и потенцијалних станишта, за идентификацију вјештачких површина и др (Милановић & Љешевић, 2009). Највећи допринос даљинске детекције у истраживању животне средине је у обезбјеђивању неопходних података о стању њених компонената и њиховим структурним односима чиме се обезбјеђују квалитетне информације и неопходни растерски подаци за наредне фазе обраде и анализе геопросторних података. Даљинском детекцијом добијају се терестрички, сателитски и аерофотоснимци (Милановић, Ваљаревић, & Лукић, 2020; Wing & Bettinger, 2008; Zhu, 2016)

5.1.2. Терестрички снимци

Терестричко снимање изводи се на унапријед дефинисаним тачкама на Земљиној површини, при чему се врше различита мјерења хоризонталне и вертикалне удаљености и линијски правци између објеката као и углови које ови правци захватају. Суштина терестричког снимања је одређивање тродимензионалне позиције непознате тачке, мјерењем углова и удаљености у односу на локацију и положај познатих тачака. Овај метод је у прошлости био полазиште за израду топографских карата, а у каснијем периоду је ажуриран примјеном авионског снимања и сателитских снимака. За терестричко снимање карактеристична је употреба инструмента фототеодолита, чије кључне компоненте чине уређај за оријентацију и теодолит са фотокамером (Милановић & Љешевић, 2009). Данас се користе „тоталне станице“ или тахиметри, модерни електро-оптички уређаји који мјере углове и растојања са прецизношћу до 1 mm. Ови уређаји аутоматски биљеже податке и претварају их у векторски формат, тачке, линије и полигоне. Терестричким снимањем добијају се подаци велике прецизности о локацији и растојањима тачака у простору (Longley, Goodchild,

Maguire, & Rhind, 2005, стр. 202-204). Овај метод има нарочит значај у истраживањима за потребе заштите природе, за истраживање биотопа, односно величине и простирања станишта, повезаности или дезинтеграције станишта, истраживање просторних односа према сусједним стаништима, миграторних коридора различитих животињских врста и др. Недостатак методе терестричког снимања је временски и финансијски захтијевна процедура добијања података, уз потребу за стручним и обученим кадровима на извођењу оваквог снимања.

5.1.3. Аерофотоснимци

Аерофотоснимци настају регистрањем свјетлосне рефлексije путем камера причвршћених на авион. Снимање терена врши се при лету авиона на висинама између 3000 и 9000 m, у односу на земљину површину. Снимање се врши камером постављеном вертикално у односу на земљину површину, а врши се брзим сукцесивним фотографисањем и креирањем снимака који се преклапају у износу 50-60% (Zhu, 2016, стр. 79). Два сукцесивна снимка се називају стереопаром, а аероснимци, стерео снимцима. Заједничке тачке се идентификују на сваком снимку стереопара. Правац осматрања се може реконструисати од положаја камере до тачке на објекту осматрања. За тумачење стерео снимака потребно је познавати основе фотограметрије, дешифровање снимака преко спектралног отиска и интерпретирати снимке.

Аналитичка фотограметрија заснива се на примјени математичких операција ради прецизног одређивања локације тачака из предјела на креираном стереопару снимака. Пресјецањем праваца снимања на снимцима стереопара добија се 3Д позиција тачке. Дигиталном фотограметријом се добијају дигитални модели висина и батиметријски модели. Трансформацијом аерофотограметријског снимка у ортогоналну пројекцију добијају се ортофото планови. Ортофото планови представљају геометријски кориговане аерофотоснимке, а размјера снимка је једнака у свим његовим дијеловима. За разлику од обичног аерофотоснимка, ортофото снимак се може користити за мјерење стварних растојања. Ови снимци имају велики значај у картографији, будући да представљају базу за креирање топографских карата. Представљају значајно помоћно средство при извођењу теренских истраживања. Аероснимци се користе у истраживању елемената

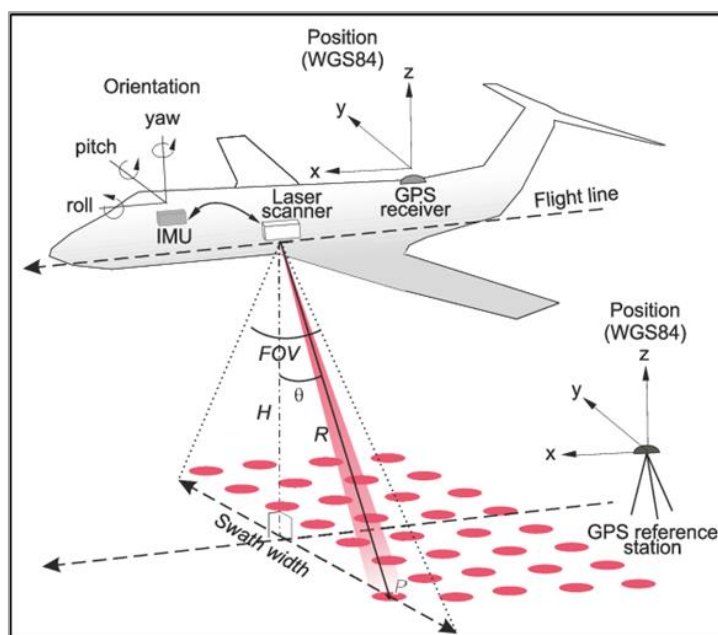
животне средине а велику примјену имају у шумарству и управљању природним ресурсима. Поред података о природним ресурсима (геолошка подлога, рељеф, хидрографија, земљиште, вегетациони покривач), аероснимци се користе за идентификацију изграђених објеката инфраструктуре и супраструктуре (Милановић, Ваљаревић, & Лукић, 2020).

5.1.4. Лидар

Новим техникама прикупљања просторних података припада лидар техника (*LIDAR, light detection and ranging*). Овај метод примјењује се за тродимензионално описивање својства реалних објеката и похрањивање добијених података у дигиталном облику. Лидар техника припада групи техника (метода) даљинске детекције, а користи ласерско скенирање за потребе прикупљања просторних података. Лидар се заснива на примјени ЛИДАР система који обухватају неколико компоненти: навигациони систем (*GNSS, global navigation system satellite*), ГПС пријемник, инерцијалну мјерну јединицу (*IMU*, садржи акцелерометар и жirosкоп), ласерског емитера и пријемника и компјутерске јединице за процесуирање података. Ласер емитује свјетлосни импулс према земљиној површини и мјери вријеме потребно да се емитовани свјетлосни импулс рефлектује са површине и врати до пријемника. На овај начин мјери се удаљеност између тачака рефлексије на земљи и сензора (пријемника). На основу ових података добијају се информације о висинама и облицима на земљи у виду векторских, тачкастих података који садрже информације о x , y координатама и надморској висини z . Захваљујући уском, усмјереном снопу ласерских зрака, омогућава се квалитетније прикупљање веће количине података, са вертикалном прецизношћу до 10 cm (Zhu, 2016, стр. 180).

Ласери се постављају на носеће платформе, најчешће авионе, а у случају изразито стрмих терена, за детекцију модела зграда и за добијање прецизних димензија изграђених објеката, могу се користити стационарне терестричке платформе. У зависности од типа платформе која носи ласер разликују се: авионско ласерско снимање (*ARS, airborne laser scanning*) и ласерско снимање са земље (*TRS, terrestrial laser scanning*) (Gajski, 2007). Лидар техника има нарочит значај за добијање података о надморској висини и топографији терена. У истраживању

животне средине често се користи за инвентаризацију података о природним ресурсима и вегетацији, идентификацију типа вегетације или типа пољопривредних култура и степена зрелости усјева. Нарочит значај има за потребе истраживања шумског покривача и то мјерење шумских површина и добијање тродимензионалних података о структурним својствима шуме као што су висине крошњи дрвећа, густина крошања, запремина стабала, висина стабала, биомаса и сл. (Andersen, McGaughey, & Reutebuch, 2005).



Слика 2. Компоненте авионског ласерског снимања терена (Gallay & Jozef, 2013, стр. 3)

5.2. Беспилотне летјелице (дронови) у функцији прикупљања података

У протеклих десет година интензивира се примјена дренова (*UAV, Unmanned Aerial Vehicle*) као финансијски приступачније технике прикупљања тродимензионалних података нарочито за истраживање мањих просторних цјелина. Дронови лете на нижим висинама и при споријем скенирању терена могу дати податке велике тачности. Нарочиту примјену имају у истраживању вегетације, прије свега шумског покривача јер за разлику од авионског ласерског снимања, ласерски зраци са дренова (због нижег лета) продиру кроз површину крошње па омогућавају детекцију површине испод стабала. Коришћење дренова за потребе ласерског снимања омогућава карактеризацију и типологију станишта и

истраживања шумских екосистема, без примјене опсежног теренског истраживања (Torres & Tommaselli, 2018). Поред истраживања вегетације, коришћење дрона је заступљено и у области управљања површинским водама и ријечним системима. У кратком временском интервалу омогућава се прикупљање података о стању обалске линије, ерозивним површинама, начину коришћења и управљања земљиштем, распрострањењу инвазивне вегетације и стању станишта у ријечној долини.

Поред ласерског снимања, дрони се могу користити у функцији добијања фотографских снимака високе резолуције јер поред ласерског, емитера и ресивера, могу носити оптичке сензоре за детекцију рефлектованих зрака различитих таласних дужина (мултиспектралне, термалне и др). Примјеном софтвера за фотограметрију, уз знање о обради дигиталних фотографија, могуће је произвести ортофото снимке и дигиталне моделе висина (*DEM, Digital Elevation Model*) високе резолуције, који представљају информациону подлогу многих анализа у ГИС-у (Green, Gregory, & Karachock, 2021). Такође, имају примјену у управљању ризицима од поплава, будући да омогућавају снимање простора и провјеру стања обалоутврда. Значајна предност примјене дрона за ласерско снимање површине земље је у брзини и ефикасности прикупљања података, што има нарочит значај у систему мониторинга и картирања животне средине.

5.3. Глобални системи за позиционирање

Глобални системи за позиционирање или ГПС (*GPS, Global Positioning System*) се заснива на коришћењу сателитских система за одређивање локације и положаја објеката на Земљи. ГПС је развијен од стране америчког Министарства одбране, седамдесетих година XX вијека, а од деведесетих година примјењује се у цивилне сврхе. Данас се користе: амерички систем „*NAVSTAR GPS*“ (*Navigation System with Time and Ranging Global Positioning System*), глобални позициони систем Русије (*GLONASS*), Европске Уније (*GALILEO*) и Кине (*COMPASS, BeiDou*). Овај систем ослања се на коришћење најмање 24 вјештачка сателита који су размјештени у шест орбита, тако да се у свакој орбити налазе бар по четири сателита (Lješević & Živković, 2001; Kumar & Moore, 2002). Овакав број сателита и њихов размјештај орбита омогућава да се у сваком моменту, са било које тачке на

земљи, може регистровати бар шест сателита. ГПС сателити континуирано обилазе Земљу на висини од 20200 km, а два пуна орбитална окрета направе у периоду од једног дана. Овај систем састоји се од три компоненте: вјештачких сателита, контролних станица и корисничких ГПС пријемника. Сателити емитују радио таласе према Земљи који садрже кодиране информације о положају и времену одашиљања сигнала. На Земљи се налазе пријемници (контролне станице) које врше пријем овог сигнала и праћење рада сателита.

Контролне станице врше контролу функционалности сателита, односно одређивање и предвиђање њиховог тачног положаја изнад земље, провјеру исправности система, провјеру рада атомских часовника и сл. Подаци добијени у контролним станицама се интегришу и одашиљају са Земљине површине, посредством стационарних антена. Главна, мастер контролна станица, налази се у Колорадо Спрингсу, у Савезној држави Колорадо, у Сједињеним Америчким Државама (El-Rabbany, 2002, стр. 1-3). Крајњи корисници посредством својих ГПС уређаја врше пријем ГПС сигнала са сателита, а комбиновањем сигнала са неколико сателита постиже се већа прецизност у утврђивању локације и положаја пријемника на Земљиној површини.

ГПС спада у групу техника која се користи у многим аспектима истраживања животне средине, а посебан значај има приликом теренских истраживања и у фази прикупљања података на терену. Директна теренска истраживања примјеном мјерних ланаца, равних таблица за картирање и цртање, теодолита и слично. За разлику од наведених техника које захтијевају унос података на папир, модерни ГПС уређаји омогућавају аутоматско превођење података о локацији у дигитални формат и њихово похрањивање на уређајима. Брзина идентификације и директно превођење у дигитални формат омогућава једноставно интегрисање података о локацији, у ГИС окружење. Прецизност одређивања локације и положаја објеката у простору, посредством ГПС уређаја може бити веома велика, од неколико метара (смартфони) до неколико милиметара (диференцијални ГПС). ГПС уређаји омогућавају директно биљежење локације и карактеристика објеката и појава у простору, у облику векторских података. Системи глобалног позиционирања примјењују се у управљању природним ресурсима, различитим аспектима инвентаризације ресурса, идентификације извора загађења, процјене утицаја на

природне ресурсе. ГПС пријемници користе се за различите активности попут праћења активности и заштите дивљих животиња и њихових станишта, за идентификацију зона сјече шума, праћење и картирање потенцијалног ризика од загађења, лоцирање зона угрожених пожарима и сл. Уз даљинску детекцију, глобални системи за позиционирање представљају основне геопросторне технике којима се омогућава прикупљање података потребних за ефикасно управљање природним ресурсима у ГИС-у.

6. ГЕОГРАФСКИ ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМИ – ДЕФИНИЦИЈА, КОМПОНЕНТЕ И ПРИМЈЕНА

Географски информациони систем је компјутерски систем дизајниран за потребе уписивања, похрањивања, руковања, анализирања, управљања и приказивања различитих типова геопросторних података (Chang K. T., 2019, стр. 1). Акроним ГИС представља скраћени назив за географске информационе системе. Хусман и Де Бај (Huisman & de Ву, 2009) наводе да је суштина овог система пружање подршке корисницима у различитим процесима рада са просторним подацима, од уноса и похране геопросторних података до њихове визуелизације и презентовања (стр. 32). Систем се користи за рад са сложеним скуповима података различитог типа, а као идентификациону вриједност користи геореференциране податке о локацији, односно геореференциране информационе слојеве или „лејере“. Користећи геореференциране податке поједностављује се преклапање картографских слојева, квантификација и интеграција различитих података и омогућава широка примјена ГИС-а у различитим областима геопросторних анализа. Шелито (Shellito, 2020) наглашава да је оно што издваја ГИС од осталих информационих система и аналитичких метода, управо његова способност да у потпуности и изузетно ефикасно искористи геопросторне податке. Ароноф (Aronoff, 1989) наглашава предност примјене ГИС-а у раду са геопросторним подацима, која се нарочито испољава онда када обим и разнородност геопросторних података превазилазе могућности ручног уноса или изискују значајан утрошак времена и финансијских средстава. Болстад (Bolstad, 2019) пише о значају ГИС-а као средства креирања и коришћења геопросторних података чиме се олакшава усмјеравање географских сазнања. Бароу и Мек Донел (Burrough & McDonell, 1998) пишу о различитим приступима у дефинисању ГИС-а, у зависности од научне области и професионалног усмјерења, при чему разликују три најзаступљенија приступа:

- а) ГИС као средство рада
- б) ГИС као средство управљања базама података
- в) ГИС као организационо средство

Пишући о ГИС-у као средству рада, Бароу и Мекдонел (Burrough & McDonell, 1998), наводе да је ГИС „...моћан скуп средстава за прикупљање, меморисање, претраживање, трансформисање и приказивање просторних података из стварног свијета“ (стр. 25). Покушај да се пронађе начин за систематизовано и организовано прикупљање и похрањивање географских података великог обима, подстакли су Томлинсонов ангажман на креирању првог географског информационог система. Зачеци примјене ГИС-а везују се за функцију организованог прикупљања и инвентаризације података о природним ресурсима Канаде (Tomlinson, 1967).

„ГИС је дизајниран ради повезивања просторних података из различитих извора у јединствену базу података, често користећи различите структуре података у дигиталном формату и презентовање просторно варијабилних феномена као низа слојева (карата) које садрже различите податке (геолошка подлога, дубине подземних вода, Бојерова гравитациона аномалија и сл.), а који се налазе у геопросторном регистру, односно исправно се преклапају на свим локацијама“ (Bonham-Carter, 1994, стр. 1)

Говорећи о улози у управљању геопросторним базама података, исти аутор наглашава непроцјењив значај ГИС-а као средства за прикупљање, одржавање и коришћење просторних података, као и његову ефикасност у креирању стандардизованих и прилагођених картографских модела. О ГИС-у као средству управљања, организовања и усмјеравања просторних одлука писали су бројни аутори (Aronoff, 1989; Franklin, 1994; Wing & Bettinger, 2008; Lovett & Appleton, 2008). Истраживачи су сагласни да ГИС представља моћно средство интеграције, анализирања и презентовања информација и основ за постизање договора и усаглашавање у процесу доношења одлука. „Очигледно, управљање ресурсима у будућности ће бити резултат сарадње између менаџера, научника и осталих интересних групација. ГИС обезбјеђује кључне ресурсе – просторно дефинисане информације и могућност једноставног руковања тим информацијама, које чине средиште ове сарадње“ (Franklin, 1994, стр. 23). Географски информациони системи се могу сматрати једним од најзначајнијих технолошких средстава, доступних доносиоцима одлука у управљању природни ресурсима. Исти аутор наводи пет кључних поља у којима ГИС има незамјењив значај: 1) инвентаризација

и мониторинг, 2) управљачко планирање, 3) креирање политика, 4) истраживање и 5) компромисно доношење одлука (стр. 18).

Широком распрострањеношћу, доступношћу интернет мреже и могућношћу једноставног приступа геобазама и ГИС алатима, дат је допринос интерактивној сарадњи између различитих интересних група, управљача природним ресурсима, политичког управљања, научника и осталих заинтересованих страна. Суштински задатак примјене ГИС-а је уочавање и разумијевање феномена који имају географску и временску димензију. Истраживане појаве у простору могу имати различите карактеристике на различитим локацијама и различите карактеристике у различитом времену посматрања. Често помињану дефиницију ГИС-а, дао је Ковен (Cowen, 1990) у Програму Националног центра за географске информације и анализу:

„ГИС чини систем хардвера, софтвера и процедура ради олакшаног управљања, обраде, анализе, моделовања, презентовања и приказа геореференцираних података с циљем рјешавања комплексних проблема везаних за планирање и управљање ресурсима“ (Cowen, 1990, стр. 3).

ГИС систем чине различите али функционално зависне компоненте: компјутерски хардвер, софтвер и организациони елемент, односно лица обучена за рад и активно коришћење ГИС-а. Хардверски елемент чини физичка компонента система коју чине компјутер, интернет мрежа, дигитајзер, скенер, плотер и штампач. Са доступношћу геореференцираних податка у дигиталном формату и унапређењем интернет мреже, расте заступљеност геореференцираних податка и њихово похрањивање на специјализованим компјутерима, серверима. На овај начин, смањује се потреба за примарном конверзијом карата из аналогног у дигитални формат и омогућава се једноставан приступ припремљеним, геореференцираним подацима доступним посредством интернет мреже. Оваквим приступом минимизира се употреба дигитајзера и скенера приликом припреме и прикупљања података у ГИС-у.

Софтверски елемент представља одговарајући програмски модул, инсталиран на хардверску компоненту. Софтверска компонента се састоји из пет функционалних елемената: уношење података, меморисање и управљање базама

података, излаз и презентовање, трансформација података, интеракција са корисником (Burrough & McDonell, 1998). Организациони елемент често се доноси на обучено људство за рад и коришћење ГИС-а. Примјеном ГИС-а остварује се неколико темељних циљева управљања геопросторним подацима: инвентаризација, организовање, упит, комбиновање, анализа и предвиђање.

Процес креирања и имплементације ГИС-а започиње са људским фактором и његовим потребама, а завршава са људима који су крајњи корисници резултата добијених примјеном ГИС-а. Селекцију потребних информација, провјеру валидности података и тумачење излазних резултата у потрази за законитостима и адекватним рјешењима у коначници врши људска компонента. Хармон и Андерсон (Harmon & Anderson, 2003) поред наведених, у компоненте ГИС-а убрајају и примјену, односно адекватне процедуре у складу са облашћу примјене, и податке неопходне за примјену наведених процедура. Функционално-процедурални елементи ГИС-а су: геопросторни подаци, прикупљање података, управљање подацима, претраживање, анализа и приказ података (Chang K. T., 2019, стр. 6).

Геопросторни подаци идентификују одређене географске феномене у простору и времену. Сваки географски феномен описују компоненте: просторна (географска), временска и атрибутивна (тематска) компонента. Просторна компонента одређује локацију географских ентитета или објеката (положај, простирање, димензије), временска компонента дефинише временски период прикупљања, обраде или анализе података, док тематска или атрибутивна описује специфичну одлику посматраног феномена из стварног свијета. Просторна компонента, коју чини опсервација или ентитет, садржи два елемента: апсолутну локацију, изражену положајем унутар дефинисаног координатног система (дефинисано x , y , z координатама) и топологију, која се изражава као просторни однос између ентитета. Геопросторни подаци приказују се векторским и растерским моделом податка. Векторски модел користи се за приказ дискретних и прецизно, просторно дефинисаних ентитета који се изражавају у виду тачака, линија и полигона. Сваки ентитет има додијелен идентификациони број на основу ког му се придружују тематски подаци (атрибути). Растерски модел користи гريد односно мрежу и ћелије мреже за приказ геопросторних феномена. Тачка се може приказати једном ћелијом растера, линије низом сусједних растерских ћелија, а

полигони скуповима сусједних ћелија (Bolstad, 2019). У зависности од намјене и циља коришћења користе се векторски, растерски или комбиновани модели података у ГИС-у.

Прикупљање података врши се из различитих извора. Уколико не постоје подаци, потребно је спровести теренско истраживање и утврдити географски положај ГПС-ом, извршити опсервацију и биљешке о својствима истраживаног и сл. Уколико не постоје јавно доступне, интернет базе геоподатака, али подаци постоје у виду штампаних карата, потребно је извршити њихову дигитализацију. Процес прикупљања података обухвата повезивање постојећих са новим подацима.

Управљање базама података подразумејева рад са геопросторним подацима и атрибутивним (тематским) подацима који су у базама похрањени у виду релационих база података које чине скупови табела. Ове табеле се могу претраживати, допуњавати и мијењати. ГИС за управљање базама података користи операције придруживања и повезивања атрибутивних табела користећи јединствени идентификациони број. Подаци се могу повезивати, брисати, мијењати, допуњавати (Briscombe, 2010).

Претраживање података обухвата различите процедуре визуелизације података у виду табела, графикона, карата, претраживање и руковање подацима. Ова фаза је предуслов за детаљније анализе података. Може се вршити према просторним ентитетима или на основу карата. Претраживање помоћу карата обухвата класификовање података, агрегацију (повезивање) и упоређивање карата. Претраживање на основу просторних ентитета омогућава селекцију ентитета на основу њихових просторних односа, садржајности, интерсекције и близине (удаљености) (Chang К. Т., 2019, стр. 6-9) .

ГИС садржи велики број алата за анализу података. ГИС софтвери садрже групу основних алата које корисници најчешће користе за анализу података. За векторске податке најчешће коришћени аналитички поступци су бафер анализа (*Buffer*) и преклапање (*Overlay*). Бафер анализом омогућава се креирање зона око географских ентитета, док се преклапањем врши удруживање геометрије и атрибута улазних картографских слојева (*Layer*). Неке од анализа заснованих на растерским моделима су тежинско сумирање (*Weighted sum*), утврђивање сусједства, зонирање (зонална статистичка анализа). Избор адекватног поступка

зависиће од тога да ли се анализа врши над појединачним ћелијама, над групама ћелија или цијелом растеру. Анализе растера су предуслов за истраживање топографије и геоморфолошких карактеристика терена попут надморске висине, нагиба терена, експозиције, вертикалне рашчлањености, за креирање изохипси, за анализе хидрографије, земљишног покривача и сл. За ове потребе најчешће се користе дигитални модели висина који представљају растерске моделе добијене техникама даљинске детекције. Поред основних, постоји мноштво специјализованих алата у ГИС-у, које користе појединачне научне дисциплине у складу са својим задацима истраживања.

Улога визуелизације података је комуницирање и преношење информација. Приказ података у ГИС-у врши се најчешће картографски. Информације се могу односити на податке локацији, величини, облику, размјештају и закономјерностима просторних објеката. Приликом креирања карата, а ради постизања задатих циљева, потребно је водити рачуна о бројним елементима и картографском презентовању. Нарочито важни елементи су референтни оквир, примијењене пројекције, картирани ентитети, степен генерализације, коришћена анотација и симболизам (Heuwood, Corneliuss, & Carver, 2011). Нарочита предност ГИС-а, над штампаним картама је могућност интерактивног презентовања и динамичност у приказивању карата. Карате се могу мијењати, допуњавати и снимати у различитим дигиталним форматима. Поред карата, подаци се могу приказивати табеларно и графиконима, који најчешће представљају допуну картографским моделима.

Значај ГИС-а (Cowen, 1990):

- Има посредничку улогу рјешавању дихотомије између регионално-системског и друштвено-физичког приступа у географији и осталим геонаукама. Обједињује, анализира и синтетизује;
- Интегрише просторне и друге типове информација у јединствен систем, дајући досљедан образац анализирања географских податка;
- Дигитализацијом карата и других просторних информација, ГИС омогућава руковање и приказ географских знања на нови и занимљивији начин;
- Омогућава успостављање веза између различитих активности, на основу њихове географске блискости. Посматрањем података са географског аспекта

често пружа нови увид и појашњење неких геопросторних феномена. Често су ове везе и међузависности тешко препознатљиви без употребе ГИС-а, а могу бити кључни за разумијевање и управљање активностима и ресурсима;

- Омогућава приступ административним забиљешкама попут власништва на непокретностима (грунт и катастар), пореским подацима, инфраструктурним системима (цијеви, каблови) – на основу њихове географске позиције.

Корисници ГИС-а су многобројни. Многе научне дисциплине користе географске информационе системе па он представља тачку спајања технологије и традиционалних научних дисциплина. ГИС као интегрално поље за различите научне дисциплине, често носи епитет просторне информационе науке. ГИС интегрише различита знања из области географије, картографије, даљинске детекције, фотограметрије, информатике, статистике, математике, геодезије, техничких наука, операционализације и др. О заступљености ГИС-а у различитим занимањима, говорили су Хусман и Де Бај (Huisman & de Ву, 2009), наводећи листу од 27 занимања која се ослањају на теоријска и емпиријска знања из области геоинформационих технологија. Заједнички фактор за сва ова занимања је примјена ГИС-а за истраживање географске средине (кроз различите аспекте). Нека од занимања су: урбанистички планер, биолог, аналитичар природних непогода, геолошки инжењер, геоинформатичар, хидролошки инжењер, менаџер шумских ресурса и др. Науке које вишеструко користе географске информационе системе су: географија и науке о животној средини, агрономија, геологија, шумарство, туризам, просторно планирање, геодезија, техничке науке (саобраћај, архитектура, цивилна заштита) (Burrough & McDonell, 1998).

Најзначајнија поља примјене ГИС-а (Cowen, 1990):

- мрежни системи (одређивање оптималне руте и станица кретања возила, анализа и селекција локације, планови евакуације),
- коришћење и заштита природних ресурса (управљање дивљином и заштићеним предјелима, процјена утицаја на животну средину, анализа тачке видног поља, одређивање локације опасних и токсичних постројења, моделовање ријечних система и подземних вода, праћење загађења, анализа станишта и миграторних рута животиња,

- приступ заснован за земљишним парцелама (зонирање, управљање квалитетом вода, извјештаји о процјени утицаја, куповина и одржавање земљишних парцела)
- управљање постројењима (лоцирање подземних цијеви и инсталација, праћење потрошње енергије, уравнотежење оптерећења енергетске мреже и сл).

7. ГЕОГРАФСКИ ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМИ У УПРАВЉАЊУ И ЗАШТИТИ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Утицај географских информационих система на процесе одлучивања и усмјеравање развојне политике простора је несумњив. Да би се јасно истакао значај информационих система, па самим тим географских информационих система, потребно је направити семантичку разлику између термина „податак“ и термина „информација“. За Акофа (Askoff, 1989) податак представља симбол којим се означавају својства неких објеката, појава и њиховог окружења. Информација је пак обрађен податак, при чему је процес обраде (анализе) усмјерен на повећање његове корисности. „Суштинска разлика између податка и информације није у структури, него у функционалности, али су подаци често редуковани у процесу трансформације у информацију“ (Askoff, 1989, стр. 3). Примјена ГИС-а у геопросторним анализама омогућава трансформацију просторних података о компонентама, структури и просторним интеракцијама, у скуп корисних информација. Овим системима обезбјеђују се компјутерски засновани алати за организовање и интегрисање података, препознавање и визуелизацију просторних структура, образаца и процеса. „Географски информациони системи обухватају коришћење просторних података ради описивања, истраживања, анализе и моделовања просторних варијетета, процеса, односа и веза међу феноменима животне средине у различитом временском периоду и различитог просторног нивоа, од локалног и регионалног до глобалног“ (Zhu, 2016, стр. 53).

Суштина истраживања животне средине је стање изражено бројевима, масе или енергије, интеракцијских односа и динамике. Основни елементи истраживања у животној средини су њени медијуми попут воде, ваздуха и земљишта. Подаци животне средине често се везују за конкретну локацију у простору. Географски информациони системи обједињују податке о просторној геометрији изражене кроз координате и тополошке информације, са атрибутивним подацима који описују својства геометријских облика (Fedra, 1993). Основа ГИС-а су локација, просторна дистрибуција, везе и односи основних елемената у простору. Просторност, изражена кроз конкретну локацију и димензионирање, представља средство

интегрисања географских информационих система са истраживањима животне средине.

Према Милановићу и Љешевићу (2009, стр. 96-97), истраживања у области животне средине имплицирају интеграцију података, информација и знања из хетерогених извора података, њихову интерпретацију у различитим организационим и дисциплинским контекстима и постизање циљева компатибилности терминологије различитих дисциплина и институција. Вриједност географских информационих система у процесу еколошког управљања и одлучивања пропорционално се увећава са обимом и комплексношћу проблема у животној средини. Примјена ГИС-а у истраживању животне средине зависиће од врсте геосферног комплекса и конкретног проблема у животној средини који је предмет истраживања. Улога ГИС-а у истраживању, управљању и планирању животне средине може се свести на неколико кључних области (Zhu, 2016, стр. 53):

1. Инвентаризација и мониторинг;
2. Анализа и моделовање;
3. Визуелизација и комуницирање.

7.1. ГИС у функцији инвентаризације и мониторинга у животној средини

Процес одлучивања у области животне средине зависиће од квалитета и релевантности података везаних за одређену просторну локацију. Доношење оптималних рјешења на важна питања у области животне средине заснована су на скуповима података о самој животној средини. Од 60-их година XX вијека, развијани су географски информациони системи чија је примарна сврха била везана за похрањивање и управљање сложеним скуповима података приликом провођења инвентаризације и креирања база података о природним ресурсима и различитим аспектима животне средине. Подацима су обухваћени различити аспекти животне средине чије истраживање је у прошлости имплицирало комплексне процедуре, записивање великог броја података у евиденцијске листове, прикупљање и похрањивање папирних карата, ручно цртање. Ове процедуре су данас значајно поједностављене, примјеном географских информационих система. ГИС се употребљава за похрањивање, организацију, документовање, враћање података,

њихово интегрисање, сумирање, ажурирање и картографски приказ инвентара животне средине. Данас је улога ГИС-а у инвентаризацији података значајно продубљена при чему он, осим функције инструмента управљања просторним базама података, омогућава интегрисање са осталим аналитичким моделима попут даљинске детекције у циљу аутоматизације прикупљања података на ширем и неприступачном простору, а чија је инвентаризација у прошлости била отежана или тешко изводива (Zhu, 2016).

Инвентаризација података и креирање система информација о животној средини је основни предуслов за функционисање мониторинга. Информациони систем животне средине представља суштински дио управљачког система животне средине, јер је за адекватно управљање овим сложеним системом потребно посједовати информације о објекту управљања. Основу управљања животном средином чини информациони систем који садржи информације о стању животне средине са катастром извора загађења. Мониторингом су обухваћени процеси посматрања и контроле, прогнозирања стања и управљања животном средином изражени кроз мониторинг воде, ваздуха, земљишта, вегетационог покривача, извора загађења и радиоактивности животне средине (Милановић, Љешевић, & Милинчић, Екоменаџмент, 2012). Геопросторне базе података са могућностима интеграције и складиштења података из различитих извора, представљају полазиште за бројна истраживања и праћење стања животне средине, док се аналитички модели у ГИС-у користе како у праћењу актуелног, тако и за предвиђање и симулацију будућег стања животне средине.

7.2. Анализа и моделовање у животној средини

ГИС се данас примјењује у различитим областима истраживања, а најчешће се везује за истраживања животне средине и природних ресурса. Избор аналитичких модела и алата у ГИС-у зависиће од природе података о животној средини и самог циља истраживања. Аналитички алати и технике, данас доступни у ГИС-у, уско су везани за област квантитативне географије и запажене резултате у различитим областима географских истраживања попут теорије централних мјеста, факторске екологије, правила реда величине града, анализе мрежа, регионализације и картографске конверзије. Географи који су истраживања

базирали на примјени квантитативних метода за потребе откривања законитости, реда и правилности у испољавању просторних образаца, примјењиване методе и технике називали су просторним анализама (Berry & Marble, 1968). Са унапређењем ГИС-а, продубљују се захтјеви за напреднијим алатима и техникама провођења специфичних геостатистичких и просторних анализа. Просторне анализе у животној средини се дефинишу као скуп метода и техника коришћених за истраживање просторних података с циљем откривања структура, законитости и процеса у испољавању просторних феномена који се јављају на Земљиној површини. За просторне анализе у ГИС-у често се користе термини: манипулација просторним подацима, просторно моделовање, просторна статистичка анализа, анализа просторних података (Murayama & Thapa, 2011). Анализа географских података обавезно обухвата два типа података: податке о локацији објеката и појава и податке о својствима или атрибутима датих објеката и појава. Фишер (Fischer, 1999) просторне анализе дијели у зависности од типа података на којима се заснивају.

Анализе засноване искључиво на географским подацима често се називају анализама просторне дистрибуције. У географским базама података, просторни подаци изражавају се у виду изолованих објеката тачака, линија и полигона (векторски модел) који представљају дводимензионалне статичке презентације реалних феномена изражене кроз x , y координате. Поред векторског, другом типу географских података припада растерски тип или тип грида. Овај тип података користи се за приказ географских површина, а суштину приказа чини мрежа квадрата или ћелија. Ћелије су организоване у мрежу редова и колона. Површина представља функцију f , било које локације у домену простора проучавања односно функција f представља вриједност f на некој локацији (x, y) (Huisman & de Vy, 2009; Reddy, 2018). Тип географских података одређује могућност приказа и примјену одговарајућих аналитичких модела у ГИС-у.

Другој групи анализа припадају анализе које укључују оба типа података, податке о локацији и податке о њиховим својствима, с циљем процјене просторне варијабилности својства које се истражује. Овој групи припадају регресиони модели, модели просторне зависности (просторне аутокорелације) и сл. (Goodchild, Haining, & Wise, 1992). Анселин (Anselin, 1996) просторно-статистичке анализе

дијели према динамици и интеракцијским односима између података, модела и самог аналитичара, разликујући статичке и динамичке аналитичке моделе. За разлику од статичких, динамички или интерактивни модели омогућавају активно и директно управљање и трансформацију података при чему се омогућава активније укључивање аналитичара у сам процес откривања просторних образаца и динамичнији, графички приказ различитих података. За Гудчајлда (Goodchild M. F., 2003) суштинска снага ГИС-а лежи управо у могућностима трагања за обрасцима и аномалијама, у могућностима сажимања и поређења стварног стања са предвиђеним теоријским поставкама и откривању узајамних повезаности. Аналитички алати и технике у ГИС-у могу се сврстати у три доминантне категорије: дескриптивне анализе, предиктивно моделовање и анализе одлучивања (Zhu, 2016, стр. 54).

У дескриптивне анализе убраја се истраживање података из животне средине са циљем испитивања потенцијалних законитости, образаца, трендова или утврђивање постојања међусобне повезаности између одређених феномена. Посредством ГИС-а омогућава се картографски приказ одређене појаве или групе појава у простору и на тај начин олакшава препознавање њихових просторних образаца, истраживање и даје визуелни приказ уоченог обрасца. Дескриптивна анализа даје основу за разумијевање података о стању и елементима животне средине одговарајући на питања о локацији одређеног објекта или појаве или полазећи од локације истражује присуство и облике јављања различитих елемената и њихових својстава у простору. Ова анализа доприноси продубљивању знања о својствима и стању животне средине и представља основу за даља истраживања.

Друга група анализа обухвата примјену геопросторних модела у ГИС-у ради предвиђања просторног размјештаја и локације на којој се, у датим условима животне средине, одређени феномен испољава или треба да се испољи у будућности. Ове анализе обухватају и процјену утицаја промијењених услова животне средине на различите локалитете. Анализе засноване на предиктивним моделима имплицирају постојање статистички валидних, узрочних веза између услова животне средине попут нагиба, експозиције, надморске висине, земљишног покривача, земљишта, вегетације, геоморфолошких аспеката и доступности воде и јављања одређених појава у животној средини. Ове анализе обухватају примјену

ГИС-а и статистичких модела попут вишеструке регресионе анализе, корелационе анализе, класификацијских и регресионих стабала одлучивања и других, за потребе истраживања различитих просторних феномена (Muñoz & Felicísimo, 2004). Познавањем информација о међусобној повезаности, јачини и смјеру везе између датих услова и одређених појава у животној средини, могуће је утврдити нове локације или предвидјети потенцијална мјеста на којима се истраживана појава у будућности може испољити. Предиктивне анализе се примјењују у области просторног планирања, процјене ризика од природних непогода или штетних антропогених утицаја и уопштено, у области управљања и заштите животне средине. Нарочито је важна прецизност ових анализа будући да се често користе као кључни фактор ефикасног одлучивања и доношења адекватних развојних политика (Li, 2016).

Предиктивној групи анализа припадају и анализе сценираја. Овај тип анализа обухвата креирање различитих модела који представљају процјену потенцијалних исхода одређених активности у простору. Често се користе и ради анализирања еколошких појава у будућности, узимајући у обзир различите потенцијалне исходе (алтернативе) или стања животне средине. Анализе сценарија користе се у геоеколошком планирању и управљању природним ресурсима, приликом доношења дугорочних одлука о животној средини. Овај одлучивачки процес укључује бројне факторе и процесе интеракције и потенцијалне посљедице по људе у будућности. Предиктивне анализе нарочито су значајне приликом утврђивања оптималних просторно-развојних политика јер омогућавају процјену исхода потенцијалних развојних рјешења у будућности (Zhu, 2016, стр. 55).

Анализе засноване на одлучивачком процесу у животној средини обухватају комплексан систем поступака којима се из сета потенцијалних рјешења врши селекција оптималног рјешења. Сложеност ових анализа произилази из потребе за проналажењем компромиса између еколошких економских, социјалних и политичких фактора приликом доношења коначне одлуке. У процес одлучивања укључује се више интересних група, са често различитим циљевима и критеријумима вредновања. Методе мултикритеријумске анализе користе се у процесу доношења одлука, при постојању више од једног супротстављеног критеријума и за проналажење оптималног рјешења приликом избора

одговарајућих алтернатива. Овај аналитички модел обухвата различите критеријуме којима се врши вредновање алтернативних рјешења, групу алтернативних рјешења добијених примјеном правила одлучивања и кончано, квантитативни метод на којем се заснива процес одређивања и рангирања приоритетних рјешења према задатим критеријумима (Eastman, 1999).

Примјеном ГИС-а обезбјеђују се информације потребне у процесу одлучивања у различитим областима попут: управљања природним ресурсима, процјене хазарда и контроле загађења, регионалном и урбанистичком планирању. Мултикритеријумско одлучивање засновано на географским информационим системима може се посматрати као процес комбиновања и трансформације просторних и непросторних податка и вредновања преференција носилаца одлучивачког процеса, ради обезбјеђивања информација потребних за одлучивање. Одлучивачки процес одвија се у складу са јасно дефинисаним правилима одлучивања (Jankowski, 1995; Malczewski, 2004).

Комбиновање ГИС-а и мултикритеријумске анализе са моделима вишециљне оптимизације користи се као подршка идентификацији и вредновању потенцијалних рјешења у области животне средине. ГИС и мултикритеријумско одлучивање користе се за утврђивање потенцијалне опасности од клизишта (нпр. Ayalew, Yamagishi, & Ugawa, 2004; Othman, Naim, & Noraini, 2012; Ali, et al., 2021), за потребе процјене ризика од поплава (нпр. Souissi, et al., 2020; Feloni, Mousadis, & Baltas, 2020; Aydın & Sevgi Birincioğlu, 2022), утврђивања погодне локације за изградњу депоније (нпр. Sumathi, Natesan, & Sarkar, 2008; Kharat, Kamble, Raut, Kamble, & Dhume, 2016; Šušnjar, Golijanin, Pecelj, Lukić Tanović, & Valjarević, 2022), за одређивање шумских површина за конзервацију (нпр. Temiz & Tecim, 2009; Babaie-Kafaky, Mataji, & Sani, 2009; de Castro Pardo & Urios, 2016), за оптимизацију коришћења земљишта (нпр. Aerts, Van Herwijnen, Janssen, & Stewart, 2005; Nyeko, 2012; Masoudi, Centeri, Jakab, Nel, & Mojtahedi, 2021) и др.

7.3. ГИС у функцији визуелизације и комуникације

Визуелизација као дио картографског представља чини суштински дио географског методолошког апарата. Са класичног, картографског становишта, визуелизација обухвата различите аспекте визуелног представљања геопросторних

података. Географски информациони системи као средство географске визуелизације омогућавају, не само картографски приказ, него и интерактивно истраживање података, креирање анимација и различите симулације процеса из природе, чиме се уз визуелна, наглашавају и аналитичка својства компјутерски заснованих картографских модела. ГИС као средство визуелизације имплицира активну улогу самог корисника омогућавајући интерактивност и динамичност у приказу географских података. На овај начин, поред комуникацијске улоге визуелног приказа географских информација, карта постаје и одраз когнитивног процеса самог њеног креатора. Картографска визуелизација чини неизоставно средство и одраз мисаоног процеса аналитичара а своју примјену налази приликом истраживања података и постављања истраживачких хипотеза, до самог финалног приказа резултата истраживања. Оваквим тумачењем успоставља се веза између различитих фаза у процесу истраживања, прве која подстиче визуелизацију као лични одраз мисаоног процеса самог аналитичара и друге фазе, којом се олакшава јавно презентовање и комуницирање резултата истраживања (MacEachren & Taylor, 1994; Jiang, 1996).

Дигитално картирање и егзактна картографска интерпретација су нарочито важни у области истраживања животне средине и креирања политике управљања животном средином, будући да се обје области заснивају на сложеним скуповима просторно и временски разнородних података. Картирање посредством ГИС-а омогућава идентификацију географских веза и интеракција, као просторно димензионирање које је тешко уочити непосредним посматрањем. Такве су карте процјене ризика од природних непогода, карте тачкастих извора загађења и слично. Обзиром да процес управљања животном средином обухвата различите интересне групе, визуелизација посредством картографских модела постаје најефикасније и најконцизније средство комуникације и преношења научних информација доносиоцима одлука и широј јавности. Према Милановићу и Филиповићу (Milanović & Filipović, 2018) информациони системи су основно средство за креирање симулационих модела приликом процјене емисија загађујућих материја из мобилних извора загађења и важно средство подршке просторном планирању и програмирању одрживог развоја. Картографски модели постају средство подизања свијести о важним еколошким питањима и основ бољег разумијевања и

превазилажења конфликтних ситуација између различитих заинтересованих страна у процесу доношења просторних одлука.

7.4. ГИС као подршка системима одлучивања и управљања животном средином

Географски информациони системи данас представљају неизоставно средство у процесу усмјеравања одлука јавне политике у области просторног планирања и заштите животне средине. Доношење одлука у области животне средине заснива се на бројним специфичним својствима еколошког система, који карактерише динамичност, комплексност интеракција између различитих субсистема, биолошког, физичког и хемијског и функционалне разноликости процеса који се у субсистемима одвијају (Lovett & Appleton, 2008). Систем подршке просторном одлучивању користи ГИС, имплементирајући различите аспекте ГИС-а за унапређење планирања и управљања животном средином. Управљање природним ресурсима у склопу система управљања животном средином, обухвата континуиран циклус договарања, одлучивања, вредновања и ревидирања одлука. Често је овај циклус активности усмјерен на адаптивно управљање промјенама и креирање алтернативних праваца будућег коришћења ресурса и животне средине на неком простору (Aspinall & Pearson, 2000).

Одлучивање у јавном сектору захтјева интегрално коришћење информација из различитих извора. За већину управљачких система националног или локалног нивоа, географски информациони системи представљају суштинско средство управљања природним ресурсима, усмјеравања економског развоја и регионалног планирања (Mennecke & West Jr, 2001). Информације добијене њиховом примјеном користе доносиоцима одлука да јасно препознају бројне геопросторне изазове и донесу ефикасније одлуке. Политике управљања животном средином у основи имају процес доношења одлука (развојних усмјерења). Просторно одлучивање у складу са принципима одрживости, заснива се на јединственом процедуралном току, при чијем провођењу научне информације и релевантни геопросторни модели заузимају значајно мјесто. Геопросторна истраживања употпуњују различите управљачке механизме попут контроле елемената, контроле система, управљање природним ресурсима, анализе посљедица неповољних промјена у животној

средини, прогнозирање будућег стања, програме и мјере ревитализације деградираних простора, еколошко право, економију животне средине и др. Функционалност и квалитет просторног одлучивања зависна је од квалитета научних информација добијених у процесу прикупљања података на терену, провођењем различитих компаративних анализа, детаљних анализа рецентних стања, процјени алтернатива и коначној селекцији оптималних развојних рјешења.

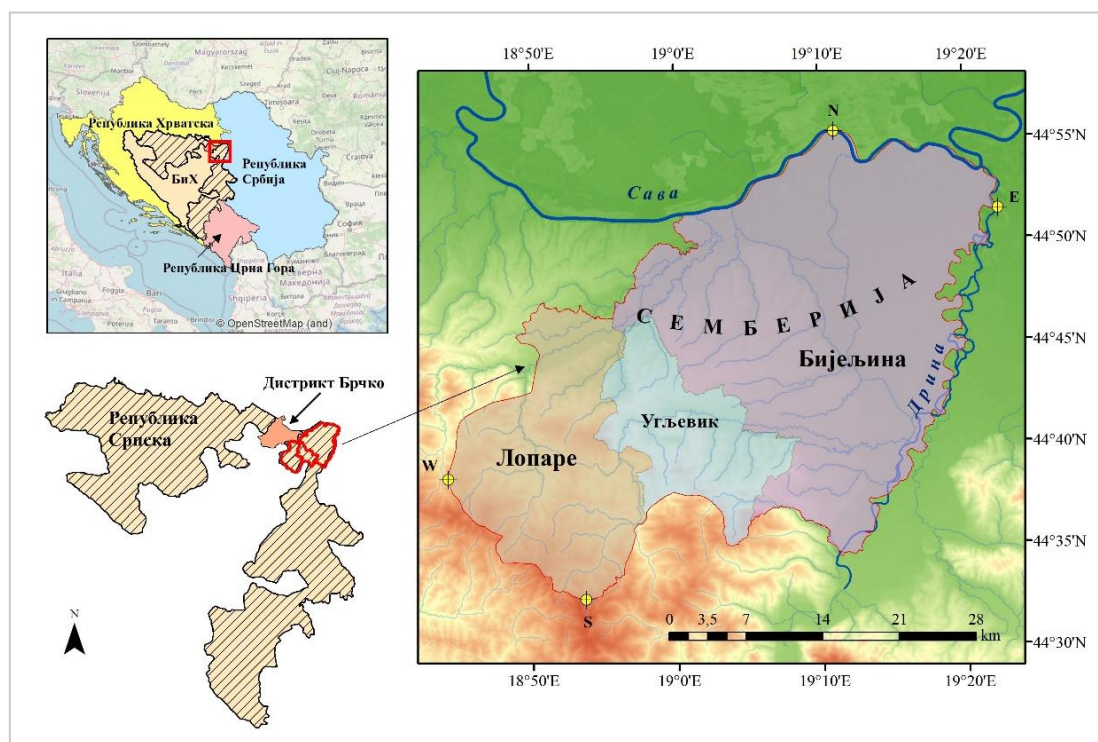
ГИС у функцији управљања животном средином омогућава прецизно и систематично сагледавање њених елемената, обухватајући природне, друштвене и економске ресурсе. Информациони систем и базе података о животној средини садрже мноштво података о води, ваздуху, клими, биотичким и абиотичким елементима, биоценозама, антропогеним објектима, људима и њиховим доминантним активностима и сл. (Милановић & Филиповић, 2017, стр. 9). ГИС са даљинском детекцијом чини неизоставан елемент просторног одлучивања, обезбјеђујући основу за већину фаза одлучивачког процеса, од инвентаризације података о животној средини, базе научних информација, аналитичког моделовања и визуелизације, до фазе комуникације и информисања о резултатима одлучивања (Табела 2). У каснијој фази, ГИС омогућава праћење квалитета и ефикасности имплементираних рјешења кроз похрањивање и анализу података добијених системима мониторинга и одитинга животне средине.

Табела 2. Одлучивачки процес и примјена ГИС-а (Aspinall & Pearson, 2000)

| Процедуре у одлучивачком процесу | ГИС и моделовање научних информација |
|--|---|
| 1. Дефинисање проблемског питања | |
| 2. Утврђивање и постављање циљева | |
| 3. Прикупљање података и других релевантних информација | Узорковање и анкетање Креирање база података и складиштење Проблеми размјере Садржајност Логичка досљедност База знања (научних информација) |
| 4. Утврђивање и процјена алтернативних рјешења/сценарија | Моделовање Анализа Грешке и анализа поузданости Еколошка и социо-економска одрживост Провјера и ревидирање Процјена утицаја Визуелизација |
| 5. Селекција између алтернатива (избор рјешења) | Визуелизација Комуницирање |
| 6. Мониторинг | Узорковање, праћење Инвентарисање индикатора Утврђивање рецентног стања Анализа трендова (промјена) Извјештај |

8. ГЕОГРАФСКИ ПОЛОЖАЈ, ГРАНИЦЕ И ПОВРШИНА ИЗУЧАВАНЕ ТЕРИТОРИЈЕ

Простор истраживања у овом раду је геоморфолошка мезорегија Семберија, смјештена у сјевероисточном дијелу Босне и Херцеговине, у Републици Српској. У раду ће се посматрати шире подручје семберске равнице које обухвата административне територије Града Бијељина и општине Угљевик и Лопаре у Републици Српској. Према математичко-географском положају, мезорегија Семберија са административним центрима Бијељина, Угљевик и Лопаре, заузима површину од 1202,3 km². Најјужнија тачка налази се у атару насеља Подгора (Лопаре) на 44°32'22" с. г. ш. док је најсјевернија тачка у атару насеља Батковић (Бијељина) на 44°55'18" с. г. ш. Најисточнија тачка налази се на територији насеља Балатун (Бијељина) на 19°22'22" и. г. д. док се најзападнија тачка налази на територији насеља Пипери (Лопаре) на 18°44'12" и. г. д.



Слика 3. Географски положај мезорегије Семберија са граничним тачкама (Бијељина, Угљевик, Лопаре)

У физичко-географском смислу, мезорегија Семберија налази се у јужном, ободном дијелу Панонског басена. Представља геоморфолошку мезорегију коју

чини флувио-акумулациона раван ријеке Дрине, десне притоке ријеке Саве. На истоку је овај простор оивичен долином Дрине, која раздваја семберску од мачванске макроплавине (Република Србија). На сјевероистоку регије, Дрина се улива у Саву. На сјеверу је Семберија оивичена долином Саве, која кратким дијелом тока раздваја територију Семберије од области Западног Срема (Вуковарско-сријемска жупанија) у Републици Хрватској, а већински представља гранични ток према територији Срема (Сремски управни округ) у Републици Србији. О јужним и југозападним границама простирања семберијске равнице нема сагласности у научним круговима. О овој проблематици писала је Кајмаковић (Кајмаковић, 1974) наводећи да се Семберија у ужем смислу простире до граничне линије села Црњелово-Амајлије (Град Бијељина), обухватајући шеснаест насеља сјеверно од ове линије. Обзиром да се равница простире и јужно од наведених граница, Семберија, у ширем смислу, обухвата и јужније територије, до ријеке Јање и истоименог насеља. Ове границе усваја и Јован Цвијић наводећи да Семберију чини простор око Бијељине и Јање (1922, стр. 41).

Кајмаковић (Кајмаковић, 1974) наводи да се према Ћоровићу и Скарићу, границе Семберије простиру на југозападу, до Прибоја и Тобута у данашњој општини Лопаре, обухватајући насеља Прибој, Малешевци и Тобут и Богутово Село у Угљевик у (Ћоровић, 1921 и Кајмаковић, 1974; Skarić, 1910 и Кајмаковић, 1974, стр. 8). Југозападну границу чине обронци планине Мајевице. Просјечна надморска висина семберијске равнице на територији Града Бијељина износи 95 m, са нижом надморском висином на ушћу Дрине у ријеку Саву, гдје надморска висина износи 76 m. Хипсометријски вишем појасу припадају општине Угљевик и Лопаре, које се налазе у појасу између 220 и 330 m надморске висине. Марковић Ј. (1997) простор истраживања сврстава у Семберијско-мајевичку регију. У административно-територијалном погледу, на сјеверозападу је овај простор одвојен границом према Брчко Дистрикту. На југозападу и југу је граница према Федерацији Босне и Херцеговине, односно Граду Тузла и општинама Челић, Теочак и Сапна. На југоистоку је граница према Граду Зворник у Републици Српској. Град Бијељина је административни центар мезорегије Семберија и заузима површину од 734,1 km². Мезорегију чине и територије општина Угљевик, са површином од 170,4 km² и општина Лопаре, са 297,8 km². Град Бијељина је

центар семберијске равнице и територијално заузима њен највећи дио. Бијељина је према броју становника у Републици Српској други по величини град, са 103874 становника (Републички завод за статистику РС, 2017). Представља административни, културни, образовни, здравствени и саобраћајни центар регије. Према подацима пописа из 2013. године у општини Угљевик живјело је 15118 становника, а на територији општине Лопаре 14689 становника.



Слика 4. Скупштина Града Бијељина



Слика 5. Градски парк у Бијељини



Слика 6. Центар за културу Града Бијељина



Слика 7. Педагошки факултет

Економско-географски центар мезорегије је град Бијељина, а захваљујући значајним природним ресурсима перспективне дјелатности су: пољопривреда, грађевинарство, индустрија, рударство, енергетика, трговина, занатство, саобраћај, туризам и угоститељство. Семберија је уз Лијевче поље једно од најзначајнијих пољопривредних подручја у Републици Српској. На територији општине Угљевик налазе се рудник и водећи произвођач електричне енергије у РС, термоелектрана „Угљевик“ (DERK, 2021). Саобраћајно-географски положај ове регије је повољан будући да њену територију пресецају важне саобраћајнице. Друмским коридором

на релацији Приједор - Бања Лука – Добој - Бијељина, остварује се комуникација између сјеверног и источног дијела РС, као и веза са већим урбаним центрима у Републици Србији. Гранични прелаз према Републици Хрватској удаљен је 40 km од центра Града Бијељина, док је удаљеност од центра регије до граничног прелаза према Републици Србији 20 km. Преко ове територије остварује се и веза између сјеверних и источних дијелова Републике Српске путним правцем Бијељина-Зворник-Власеница-Соколац.

Будући да је предмет истраживања у овом раду примјена ГИС-а у управљању природним потенцијалима Семберије, истраживањем ће бити обухваћена мезорегија Семберија проширена на границе административно-територијалних јединица које посједују аутономност и надлежности управљачког система на територији РС. Ове територијалне јединице, према административно-територијалној организацији Републике Српске, на простору Семберије су Град Бијељина са општинама Угљевик и Лопаре.

9. СТРУКТУРНИ ЕЛЕМЕНТИ У АНАЛИЗИ ПРИРОДНИХ ПОТЕНЦИЈАЛА СЕМБЕРИЈЕ

Геосистемски приступ у истраживању просторних цјелина полази од идентификације елемената (геокомпоненти) које чине геосистем. Обухвата идентификацију унутрашње структуре и композиције геосистема, односно међусобне интеракције, односе и везе између компоненти, које систем чине кохерентним, функционалним и одрживим. На основу генезе, физичких својстава елемената и њихових структурних односа и функционалне улоге, геосистем или геосфера се дијели на субструктуре. Субструктуре унутар геосфере су појединачне компоненте, односно дијелови и аспекти физички издвојених сфера које чине: рељеф (литосфера), воде на Земљи (хидросфера), атмосфера и њен спољашњи израз клима, земљишни покривач (педосфера), простор одвијања живота (биосфера) и социо-економска сфера (Љешевић, 2010).

Истраживање интеракције и каузалних веза у геосистему почиње анализом геоеколошких компоненти и услова неког простора. Ове компоненте на различите начине утичу на људску активност и привређивање. Елементи животне средине изложени су према Миклос и др. (Miklós, et al., 2019) који у оквиру примарне структуре издвајају: геолошку подлогу, рељеф, воде, ваздух и тло, док елементе биосфере сврставају у секундарну структуру. Секундарну структуру чине: вегетација, земљишни покривач/начин коришћења земљишта, објекти настали под утицајем човјека – грађевински објекти, инфраструктурни објекти и сл. Примарна структура представља јединствену и трајну основу за формирање осталих структура (сфера) односно природни потенцијал неког простора.

У раду су анализирани елементи примарне структуре: геолошка подлога, рељеф, земљиште, хидрографски елементи, климатски елементи, биогеографски елементи – флора и фауна. Секундарна структура развија се на примарној структури предјела, а у раду су анализирани: вегетација/земљишни покривач, флора и фауна, размјештај становништва и приказани најзначајнији елементи инфраструктуре. Елементи секундарне структуре остварују реципрочне везе са елементима примарне структуре. Примарни елементи кроз процес валоризације добијају одлике природних потенцијала, чинећи материјалну и физичку основу

развоја друштва. Секундарни елементи представљају израз развијености друштва и приступа управљању елементима примарне структуре и природним потенцијалима. У наставку је приказана анализа природних потенцијала Семберије, сагледана кроз елементе примарне структуре: геолошку подлогу, рељеф, климатске одлике, хидрографске, педолошке и биогеографске елементе и њихова својства. Анализа физичко-географских елемената природне средине представља полазну основу у валоризацији животне средине. Овакве анализе представљају показатеље размјештаја, структурних односа, обима и динамичких својстава свих природних ресурса или услова (Spasojević, 1987).

9.1 ГЕОЛОШКА ПОДЛОГА

Истраживање рецентних рељефних облика почиње анализом геолошких карактеристика и својства геолошке подлоге који су утицали на формирање и обликовање рељефних форми данашњице. Анализа геолошке подлоге заснива се на приказу тектонске структуре ширег простора Семберије, идентификацији геолошких карактеристика и приказу истражених, економски значајних геолошких ресурса Семберије. Поред геолошке подлоге, у оквиру примарне структуре анализирани су рецентне рељефне форме, хидро-геолошка својства, климатски и педолошки услови.

9.1.1. Генеза рељефа

Према геотектонској рејонизацији БиХ (Petković K. , 1958; Anđelković, 1988; Čičić S. , 2002) и истраживањима геотектонске еволуције Алпско – Карпатско – Динарског орогеног система (Schmid, et al., 2008), геоморфолошки мезорегион Семберија дио је зоне Унутрашњих Динарида, а смјештен је у оквиру савске зоне. Стварање рељефа Семберије одвијало се под утицајем различитих фактора. Доминатно су то тектонски покрети и промјене које су почеле у мезозоику и наставиле се током кенозоика. Панонски басен формиран је у кенозоику, када је током млађег терцијара (палеоген) почело изизање Алпида, Динарида и Карпатида. Акумулацијом вода са ободних дијелова басена формирало се језеро Паратетис, а у каснијем периоду, усљед константног прилива ријечних вода и тоњења дна басена настало је Паратетис море. У еволуцији Паратетиса извдојене су двије језерске и

три маринске фазе, а у рељефу јужних дијелова Панонског басена видљива је серија абразионих површи (Цвијић, 1909), маринско-језерски седименти са фосилним остацима биљака и животиња. На ширем простору Семберије седиментација се одвијала континуирано са присутним доњомиоценским наслагама којима припада територија данашњег угљевичког басена са израженим угљоносним серијама. Рељеф Семберије и јужног обода Панонске низије у БиХ, формиран је током пет еволутивних фаза: медитеранске, сарматске, панонске, понтске и левантске фазе. Почетком квартара одвијало се усјецање прве и друге ријечне терасе Саве и истовремено издизање брчанског платоа. Смјењивали су се ерозивни и акумулативни процеси у развоју ријечног тока Дрине, која је формирала три хипсометријски диференциране ријечне терасе. Ово је период интензивног таложења пијеска и шљунка који данас чине Семберију. У холоцену је ток ријеке Дрине помјерен од истока према западу, а процес седиментације настављен у виду алувијално-плавних седимента у ријечним долинама.

9.1.2. Тектонске и геолошко-петрографске карактеристике

Према тектонско-структурним карактеристикама (Vrhovčić, Buzaljko, & Mojićević, 1986), на простору истраживања издвојено је шест структурно-фацијалних јединица. Структурне јединице приказане су картографски са изворним ознакама на основу тумача геолошких карата (ПРИЛОГ 1). Заступљене тектонске структурне јединице су: Посавина са Семберијом (*A*), убрани комплекс сјеверне Мајевице (*B*), неогенски басени (*C*), депресије средње Посавине (*D*), кредно-палеогени кластити и карбонати (*F*) и тузлански басен у ширем смислу (*G*). Семберија већински припада структурно-фацијалној јединици Посавине са Семберијом (*A*). Јединицу чини пет блокова од којих три улазе у геолошки састав Семберије. Блокови Дворови, Драгањевац и Угљевик одвојени су расједима: савским, дринским, модранским и расједом Црњелово-Јања.

Према геолошким одликама (ПРИЛОГ 2) најстарије стијене на простору истраживања припадају горњопермским палеозојским кречњацима (*P₃*) (Mojsilović, i drugi, 1977), пјешчарима и шкриљцима а највеће распрострањење имају квартални седименти. Палеозојске стијене у оквиру истраживаног простора имају мали удио у укупној геолошкој структури истраживаног простора а распрострањене су у

јужним дијеловима општине Угљевик, на територији насеља Горња Крчина. Мезозојске стијене заступљене су у горњем току ријеке Јање, на територији општине Лопаре и представљене горњокредним седиментима. На територији Семберије најзаступљеније су наслага кенозоика. Терцијарни седименти заузимају 50% површине док су квартарни седименти распрострањени на 48,5% површине.

Палеогенски седименти представљени су пјешчарима плиоценско-еоценске старости (Pc+E₁) (Buzaljkо & Marković, 1986). Еоценске наслага чине пјешчари, кречњаци и лапорци заступљени у долини Тавне, угљевичког басена и на ширем простору планине Мајевице. Неогенски седименти представљени су миоценским наслагама које имају значајан удио у геолошкој структури општина Угљевик и Лопаре. У оквиру миоценских наслага заступљена је угљоносна серија седимента на територији Угљевика и сона серија на територији општине Лопаре. Квартарни, плиоистоценски седименти (P₁, Q) налазе се на надморским висинама 120 до 200 m. Граница између ових седимената и наслага квартара је условна. Најзаступљеније геолошке наслага на територији Семберије су квартарни, плеистоценски седименти, прве ријечне терасе Саве и Дрине (*t*₁). Седименти друге ријечне терасе (*t*₂) само су дјелимично откривени, а поријеклом припадају седиментима ријеке Саве. Најмлађи седименти који учествују у грађи терена су холоценски седименти алувијалне равни Саве и њених притока. Прекривени су пољопривредним културама и шумским комплексима. Холоценски седименти заступљени су у флувијалној (седименти мртваја, алувијално-плавни седименти и седименти ријечног корита) и полигенетској варијанти (алувијално-делувијални и алувијално-пролувијални седименти).

Алувијално-плавни седименти (*ap*, *ap*.) простиру се уз токове Саве и Дрине. Овој групи најчешће припадају седименти са израженом хоризонталном стратификацијом, са барском вегетацијом и високим садржајем калцијум-карбоната. Алувијални седименти (*al*) распрострањени су у долинама ријека Гњице, Јање и Модрана. У долинама ових ријека, на долињским странама изнад прве ријечне терасе, нема старих ријечних седимената због велике еродибилности стијена. Алувијално-делувијални седименти (*d*) присутни су у дисецирним дијеловима плиоистоценог платоа. Барски седименти (*b*) су заступљени у алувијалној равни Саве, најчешће у старим меандрима са барском вегетацијом и

барском водом, а по типу преовлађују шумске баре са високим учешћем органске материје.

9.1.3. Минералне сировине и енергетски ресурси

Према геолошкој грађи, простор Семберије одликује се слабом заступљеношћу металичних минералних сировина. Перспективни ресурси на овом простору су угаљ и грађевински материјал (Vrhovčić, Buzaljko, & Mojićević, 1986).

Енергетски ресурси - Нафта

Према нафтно-геолошкој рејонизацији Босне и Херцеговине, издвојена су три нафтоносна рејона, а Семберија припада рејону „Сјеверне Босне“ или подручју босанско-посавинских терцијарних басена. Овај рејон простире се између ријеке Уне на западу, ријеке Дрине на истоку и Саве на сјеверу. У оквиру рејона Сјеверне Босне идентификоване су три нафтоносне хроностратиграфске етаже: 1) седиментне творевине неогена са олигоценом, 2) комплекс кредно пелогених-кластичних седимената; 3) старије мезозојске формације са пермским седиментима. Прва структурна етажа представља приоритетну јединицу истраживања. Дебљина неогено-олигоценског слоја у Семберији износи до 2000 m. Друга структурна етажа представља подински слој за неогено-олигоценске седименте и у оквиру истраживаног простора распрострањена је на простору Мајевице.

Истражни радови на територији Семберије вршени су у бушотинама „S-1“ (1345), „S-2“ (1591,5), „Dv-1“ (1500) и „Vij-1“ (2479). У оквиру важнијих истражних радова, у бушотинама на територији Бијељине, „Vij-1“ (2479) и „Dv-1“ (1500), на дубинама од 2479 m и 1500 m, пронађена је нафта (Републички завод за геолошка истраживања РС, 2010). Нафтоносна зона са површином од 21 km², идентификована је и на простору Лопарског басена, а процијењене нафтне резерве износе 83,2 милиона барела, док процијењене укупне залихе на територији сјеверне Босне, износе 355 милиона барела (Грубих, Цвијић, & Милошевић, 2010).

Енергетски ресурси - Угаљ

Камени угаљ заступљен је у средњоеоценским седиментима Мајевице, гдје је је откривен у виду танких угљоносних слојева. Угљоносни слој простире се у дужини од 26 km, од Медведника на западу, преко долине ријеке Гњице (општина Лопаре), Рожња до насеља Годуш. У оквиру истраживаног простора заступљени су доњомиоценски камени угљеви шиборшничко-лопарског басена, стварани истовремено када и мрки угљеви откривени у насељима Тобут и Мезграја у угљевичком басену. Истраживањима је утврђено да продуктивни дио басена захвата површину од 12 km², са правцем пружања исток-запад. На овом простору заступљен је мрки угаљ, високе калоријске вриједности, до 13000 kJ/kg а дебљина угљоносног слоја достиже 20 m (Čičić, Jovanović, Mojićević, & Tokić, 1991).

Неметали и грађевински материјали

Опекарске глине су заступљене на територији Града Бијељина, а најпознатије експлоатационо подручје је „Обријеж“, на територији истоименог насеља, са површином већом од 20 ha. Према процјенама из 2000. године биланс резерви је износио 2763567 m³ (А+Б+Ц1) што омогућава производњу разноврсних опекарских производа. Ове глине нарочито су погодне за прозводњу танких опекарских производа (Институт за заштиту и екологију Републике Српске, 2018).

Шљунак. На територији Семберије, на првој ријечној тераси палеотока Дрине, налазе се бројне активне и напуштне шљункаре, а валутице су настале од карбонатних, силицијских и магматских стијена. Најзначајније шљункаре присутне су у насељима Бијељина и Патковача.

Пијесак. Мања налазишта пијеска присутна су у алувијалним наслагама Саве. Наслаге воде поријекло из области са израженим металичним сировинама. У шљункари Попови, нађени су трагови самородног сребра, као и трагови хромита, флуорита, касидерита, мањег економског значаја. Кредни кречњаци заступљени су на мањој површни, у насељу Прибој, а експлоатишу се као техничко-грађевински камен.

9.2. РЕЉЕФ

Природни ресурси и услови, стање животне средине, географски положај у интеррегионалном и макрорегионалном окружењу, представљају полазиште економског развоја регије. Опште одлике рељефа изражене надморским висинама, нагибима, експозицијом, рашчлањеношћу, представљају важан индикатор интензитета и динамике развоја природних процеса и показатеље геоморфолошких услова одвијања привредних и ванпривредних активности на датом простору (Драгићевић & Филиповић, 2009).

9.2.1. Рецентни рељефни облици

Према геоморфолошкој макрорегионализацији овај простор припада сјеверној, перипанонској Босни, у оквиру јужног обода Панонске области (Марковић, 1970; Marković J. , 1976). На стварање рељефа Семберије утицали су радијални тектонски покрети, ерозија и акумулација. Простор је према рецентној долини Саве обликован радијалним покретима спуштања дуж Савског расједа, чиме је у каснијем периоду, поспјешена акумулација шљунка и стварање терасних седимената, који улазе у састав данашње Семберије. У палеогенском расједању извршено је издизање хорст-антиклинале Мајевице, које је настављено током неогена. Процес издизања Мајевице на југозападу, праћен је истовременим спуштањем терена у зони према савском рову. Расједне зоне су утицале на морфологију терена у новијем геолошком периоду. На формирање Семберије нарочито је утицала расједна зона у правцу исток–запад, односно модрански расјед, који одваја Семберију од Мајевице (ПРИЛОГ 1).

Према Марковићу (Marković J. , 1967), тектонски покрети и изражено колебање климе током квартара одредили су својства и интензитет флувијалних процеса и денудације. Квартарни радијални покрети спуштања додатно су поспјешили процесе акумулације у доњем току Дрине, која је на овом простору изградила макроплавину Семберију. На основу седимената, утврђено је да постоји континуитет у изградњи рељефа а граница између палеорељефних форми и неоморфолошких облика није стриктна. О палеорељефу јужног обода панонске низије писао је Јован Цвијић (1909), закључујући о палео-абразивном карактеру

рељефа шумадијских површи. Јовановић (1953) је, заступајући став насупрот Цвијићу, на примјеру епигенетске долине и слива Топчидерске ријеке доказао флувијално поријекло ових површи, што су касније својим истраживањима потврдили, Марковић (Marković J. , 1967) и Стевановић (Stevanović, 1982). Палеорељефне форме се везују за крај средњег плиоцена и стварање сремско-мачванског, тектонско-ерозивног удубљења. Неорељефу Семберије припадају сви квартарни облици, језерске и постлакустријске фазе укључујући и старије рељефне форме које су током квартара значајно измјењене. Према Марковићу (Marković J. , 1967), палеорељефне форме су одредиле физиономију и висине платформи (акумулативних равни), које су утицале на размјештај и оријентацију токова и ријечних сливова, а на тај начин одредиле настанак савремених облика рељефа.

Са геоморфолошког аспекта, Семберија је алувијална равна, обликована флувијалном ерозијом и акумулацијом (ПРИЛОГ 3). Представља квартарну макроплавину Дрине, са површином већом од 400 km². Настала је на јужном ободу Панонског басена, на контакту између јужно-панонског расједног одсјека и планинске области. Неотектонско спуштање терена семберског микроблока Дворови, између савског и дринског расједа, у каснијем периоду се одразило на геоморфолошко обликовање процесима флувијалне ерозије и акумулације (Lepić, Srkalović, & Srkalović, 2019). Макроплавине као облици настају на мјестима гдје велике ријеке са пространим сливовима, прелазе у равни котлина. Јачи прелом у паду уздужног ријечног профила на прелазу из планинске у панонску област, утиче на таложење наноса око ријечног корита у зони додира дна и обода котлине. На тај начин створена је и наносна равница Дрине. Велике димензије и начин распрострања, макроплавинама даје карактеристичан облик купе (Marković J. , 1962).

Дрина је првобитно била притока Панонског језера, а од свог наноса изградила је сублакустријску плавину која се завршавала у зони семберијско - мачванског расједног блока. У лакустријској и постлакустријској фази, Дрина је постепено продужавала корито преко виших дијелова своје плавине, пратећи помјерање језерске обалске линије према сјеверу. У постлакустријској фази постала је притока Саве, која је лучно заобилазила макроплавину Дрине. Током еволуције данашње Семберије, усљед промјена климе у квартарном периоду,

наизмјенично су се смјењивале фазе интензивне ерозије са фазама акумулације. Овај простор је обликован кроз десет еволутивних фаза које су пратиле колебање климе, са последњом, субатланском фазом акумулације, која је почела прије више од 2800 година. У овом периоду Дрина је формирала и обликовала пространу макроплавину и на тај начин извршила помјерање корита Саве према сјеверу за скоро пет километара. Засипањем шљунком, ток Дрине је издигнут и помјерен 25 km према западу, а њено ушће са простора данашњег Шапца помјерено на простор Босанске Раче (Marković J. , 1967).

У рецентном рељефу Семберије преовладавају тектонско-флувијалне форме, представљене брежуљкастим рељефом са серијом флувио-денудационих површи које се степенасто спуштају од сјеверног гребена хорст-антиклинале Мајевице, према сјевероистоку и ушћу Дрине у Саву. Мајевица припада групи ниских, флишно-рудних динарских планина јужног обода Панонске низије. Простире се у дужину до 60 km и има карактеристичан динарски правац пружања, сјеверозапад–југоисток. Геолошку основу планине чине магматске стијене, које често избијају на површину изнад терцијарног покривача. Велику заступљеност имају палеоценско-еоценске стијене, еоценске флишне стијене и олигоценски седименти. Неогенске стијене представљене су миоценским и плиоценским седиментима Панонског мора. Представља хидрографско чвориште, одакле се воде одводњавају према ријечи Сави (Тиња, Брка, Гњица), Дрини (Сапна, Јања, Тавна) и Спречи (ријека Јала). Највиши врх, Столице, налази се на 916 m надморске висине (ФБиХ). Међу високим врховима Мајевице су Бусија (845 m), Брезовице (726 m) и Плоче (723 m) који се налазе на територији општине Лопаре.

На овом простору изражени су флувио-денудацијски процеси спирања и усјецања уских ријечних долина са израженијом вертикалном рашчлањеношћу рељефа. Палеорељефне платформе, представљене серијом акумулативних површи, развијаних за вријеме маринских и језерских фаза Панонског мора, временом су постале структурно-ерозивне површи. Усљед неотектонских процеса издизања Динарида и изражених климатских колебања у квартару, поспјешени су денудација и ерозивно-акумулативни процеси.

Према сјевероистоку, флувио-денудацијски рељеф замјењује серија висински нижих, неогенских, флувио-ерозивних површи које леже преко источне зоне

брчанског платоа, између ријеке Лукавац (Гњица) и ријеке Јање. Ерозивни облици флувијалног рељефа се према сјевероистоку смјењују холоценским наслагама флувио-акумулативног рељефа, представљеног шљунковито-пјесковитим алувијалним равнима. На крајњем сјевероистоку, морфологију терена чине повремено плављене акумулативне равни Дрине и Саве, са алувијално-плавним седиментима, пијесковима и пјесковитим алевритима. Сава и Дрина изградиле су широке ријечне долине са израженим меандрирањем. У напуштеним меандрима, често се јављају барски и мочварни седименти.

9.2.2. Морфометријске карактеристике рељефа

Карактеристике рељефа изражене су морфометријским елементима: надморском висином, нагибом, експозицијом и вертикалном рашчлањеношћу рељефа. Оне одређују интензитет и динамику егзогених процеса у обликовању рељефа. Сагледавањем основних морфометријских одлика рељефа омогућава се идентификација утицаја на остале елементе и процесе природне средине, даје се основа за утврђивање узрочно-последичних веза у природи и указује на развојне потенцијале и ограничења коришћења простора за одређене привредне и ванпривредне дјелатности. Анализа морфометријских карактеристика заснована је на примјени метода дигиталног картирања чиме се доприноси егзактности, квантификацији и динамичној картографској визуелизацији наведених својстава рељефа.

9.2.2.1. Хипсометрија рељефа

Анализирајући висинску зоналност у оквиру ширег простора Семберије уочава се изразито низијски рељеф до 200 m надморске висине, који заузима више од 70 % територије или 849,1 km² (ПРИЛОГ 4). Најнижа надморска висина износи 73 m, на ушћу Дрине у Саву, а рељеф до 100 m надморске висине заузима трећину истраживаног простора. Највиши хипсометријски појас простире се између 700 и 850 m, а овом простору припада свега 0,44% територије. Највиша тачка на простору истраживања је мајевички врх Бусија, на 845 m надморске висине. Према хипсометријској структури, низијски рељеф чини 70,1% територије, брежуљкасто-брдски простор од 200,1 m до 500 m надморске висине заузима четвртину

територије или 25,6% (Табела 3). Нископланински рељеф чини 3,8% територије, а заступљен је на сјеверним падинама Мајевице. У висинској структури највећу распрострањеност има зона од 100,1 m до 200 m надморске висине, која заузима 37% територије или 445 km² а најмању нископланински рељеф од 500,1 m до 850 m надморске висине.

Табела 3. Дистрибуција површина према хипсометрији (Манојловић & Драгићевић, 2021)

| надморска висина (m) | површина (km ²) | површина (%) | категорија рељефа |
|----------------------|-----------------------------|--------------|----------------------|
| 73-100 | 403,88 | 33,59 | низијски рељеф |
| 100,1-200 | 445,27 | 37,03 | 70,6 % |
| 200,1-300 | 150,89 | 12,55 | брдски рељеф |
| 300,1-400 | 107,06 | 8,90 | |
| 400,1-500 | 49,35 | 4,10 | нископланински рељеф |
| 500,1-600 | 26,92 | 2,24 | |
| 600,1-700 | 13,64 | 1,13 | 3,8 % |
| 700,1-850 | 5,26 | 0,44 | |
| укупно | 1202,3 | 100,0 | 100,0 % |

9.2.2.2. Нагиб рељефа

Мјерења и анализе нагиба рељефа извршила је ауторка према категоријама нагиба према Богнару (Bognar, 1992). На простору Семберије издвојено је пет категорија нагиба рељефа (ПРИЛОГ 5). Највећу просторну заступљеност, 52% површине, има заравњен рељеф са нагибом до два степена, док је рељеф са благом нагнутошћу карактеристичан за 18,8% територије. Заравњен до благо нагнут рељеф, погодан је за пољопривредну дјелатност, а заступљен је на површини од 850 km² или 70,6% територије (Табела 4).

Овакав рељеф обухвата алувијалне равни, ријечне долине, рецентне и палеотерасе Саве, Дрине и њихових притока. Заравњен и благо нагнут рељеф распрострањен је и у котлинским проширењима Угљевика и Лопара. Рељеф са нагибом од 5,1° до 12°, карактерише предмајевичке површи и побрђа а заступљен је на 20% територије. Знатно нагнут рељеф и рељеф са врло стрмим падинама распрострањен је у сјеверном дијелу мајевичког гребена, а карактеристичан је за стрме стране ријечних долина усјечених у масив Мајевице. Врло стрме падине налазе се на

површини од 0,1% територије а заступљене су на гребенастим странама у долини ријеке Тавне.

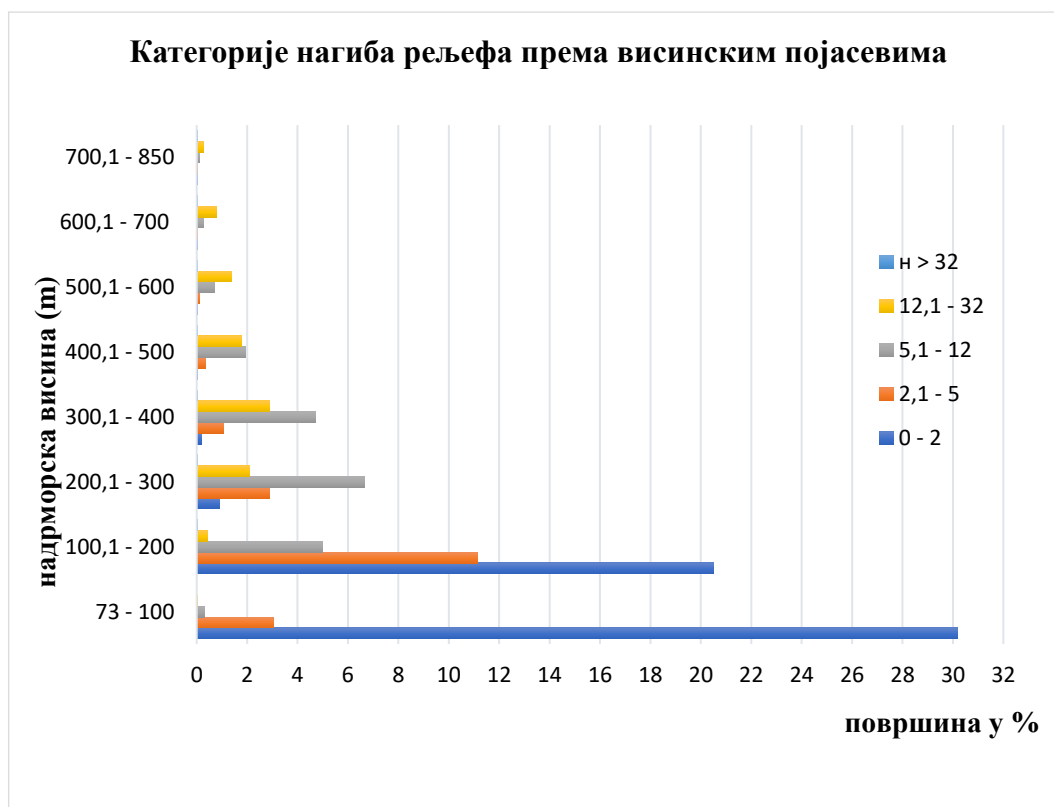
Табела 4. Дистрибуција површина према категоријама нагиба терена (Вогнар, 1992)

| нагиб терена (°) | површина (km ²) | површина (%) | категирије нагиба |
|------------------|-----------------------------|--------------|---------------------|
| 0-2 | 623,75 | 51,88 | заравњен терен |
| 2,1-5 | 225,67 | 18,77 | благо нагнут терен |
| 5,1-12 | 235,65 | 19,60 | нагнут терен |
| 12,1-32 | 116,26 | 9,67 | знатно нагнут терен |
| 32,1-55 | 1,07 | 0,09 | врло стрме падине |
| укупно | 1202,3 | 100,00 | |

Специфичност рељефних карактеристика Семберије јасније се уочава упоређивањем заступљености категорија нагиба према висинским појасевима (Слика 8). На простору Семберије доминира заравњен рељеф, са нагибом до 2°, који заузима 31% површине, а најзаступљенији је у хипсометријски најнижем појасу, од 73 m до 100 m надморске висине. Заравњен рељеф је заступљен на простору алувијалних равни Саве и Дрине и ријечних долина у доњим токовима Јање, Гњице и Дашнице. У низијској зони до 200 m заравњен рељеф чини више од 50% територије. Благо нагнут рељеф од 2,1° до 5°, најзаступљенији је у релативно вишим дијеловима низије, између 100,1 m и 200 m, гдје чини 11% територије.

Нагнуте падине обухватају површине на прелазу из низијског у брдски рељеф, гдје у зони од 100,1 m до 200 m надморске висине заузимају 5% површине, у појасу између 200,1 m и 300 m чине 6,7% и у зони од 300,1 m до 400 m, чине 4,7% површине. Знатно нагнуте падине најзаступљеније су у појасу између 300,1 m и 400 m надморске висине гдје заузимају 2,9% површине, а затим у зони од 200,1 m до 300 m, гдје чине 2,1% површине. Већу распрострањеност знатно нагнутих падина налазимо и у висинском појасу између 400,1 m и 500 m надморске висине. Уочава се већа заступљеност нагнутих падина у структури брдског рељефа. Ово се може објаснити еволутивним развојем рељефа који у овој зони чине серије маринско-језерских површи које се хипсометријски степенасто спуштају на прелазу из нископланинског у брдски и низијски рељеф. Прелази између ових површи представљају еволутивне фазе у развоју Панонског басена и обиљежени су стрмијим одсјецима. Врло стрме падине имају најмању распрострањеност. Заступљене су искључиво у виду гребенастих страна и назубљених врхова, на

мјесту усјецања ријечне долине Тавне, изнад које су стрми одсјеци са врховима: Пећина (388 m), Самокрес (329 m), Мали Гребен (423 m) и Велики Гребен (499 m). Овакве падине заступљене су у зонама од 300,1 m до 400 m и 400,1 m до 500 m надморске висине.



Слика 8. Категорије нагиба (% површине) према висинским појасевима

9.2.2.3. Вертикална рашчлањеност рељефа

Овај морфометријски показатељ представља висинску разлику између највише и најниже тачке унутар посматране јединичне површине терена а изражава се m/km^2 . Рачуна се формулом: $V_r = \Delta h/P$, при чему је Δh висинска разлика између највише и најниже тачке унутар дате јединичне површине, а P представља јединичну површину на којој се мјери вертикална рашчлањеност рељефа (Lozić, 1995). У овом случају коришћена је јединична квадратна мрежа којом је површина рељефа подијелена на квадратне површине димензија $1 km^2$. Вертикална рашчлањеност или енергија рељефа са локалног становишта условљена је специфичностима литолошког састава стијена, количине воде на терену, а представља значајан индикатор интензитета развоја ерозивних процеса у рељефу.

Са регионалног становишта, вертикална рашчлањеност рељефа представља индикатор неотектонских активности, а анализом на регионалном нивоу добијају се подаци о положају, интензитету и предзнаку тектонских структура. Нарочиту вриједност овај параметар има приликом истраживања сеизмичности терена, инжењерско-геолошке и геоморфолошке анализе погодности рељефа за специфичну намјену. На простору Семберије издвојено је пет категорија вертикалне рашчлањености рељефа, у распону од 3,2 m/km² до 317,7 m/km² (Табела 5). Заравњен рељеф, са вертикалном рашчлањеношћу мањом од 5 m/km², заузима 1,2% територије. Простор Семберије већински припада категорији слабо рашчлањених равница, са вертикалном рашчлањеношћу од 5,1 m/km² до 30 m/km², а које чине 56,3% територије. Слабо рашчлањен рељеф, од 30,1 m/km² до 100 m/km², заступљен је на 18,4% територије а распрострањен је на простору флувио-ерозивних површи, преко којих су семберске ријеке усјекле своја корита на контакту између мајевичког побрђа и равничарског простора Панонске низије (ПРИЛОГ 6). Умјерено рашчлањен рељеф, од 100,1 m/km² до 300 m/km², заузима 24,2% територије. Највеће распрострањење има на сјеверним падинама Мајевице, представљеним денудацијским рељефом са вертикално усјеченим долинским странама у изворишној зони ријека Јање и Гњице. Најмање распрострањење има изразито рашчлањен рељеф са 0,01%, а заступљен је у највишем висинском појасу на простору Мајевице, у непосредном окружењу врха Почивала (834 m) и гребенастим странама Матића потока, у изворишном дијелу ријеке Јање.

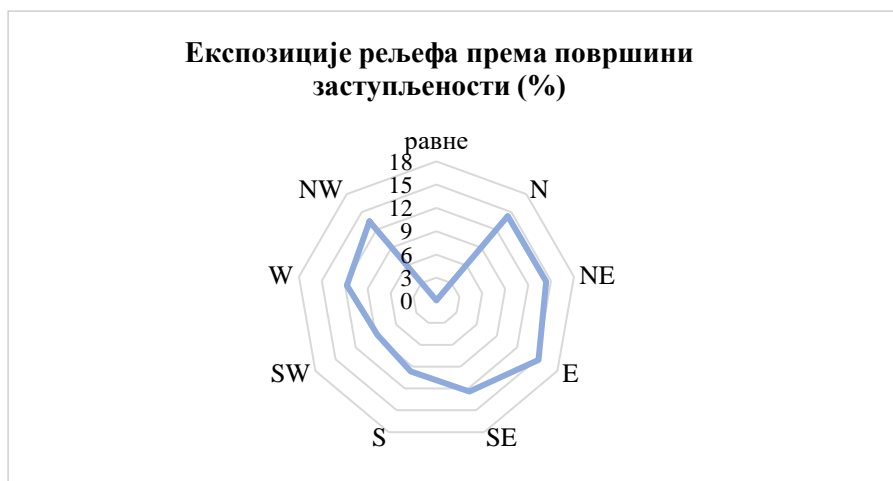
Табела 5. Дистрибуција површина према категоријама вертикалне рашчлањености (Vognar, 1992)

| вертикална рашчлањеност (m/km ²) | површина (km ²) | површина (%) | катеорије вертикалне рашчлањености рељефа |
|--|-----------------------------|--------------|---|
| 0 – 5 | 13,8 | 1,1 | заравњен рељеф |
| 5,1 - 30 | 676,5 | 56,3 | слабо рашчлањене равнице |
| 30,1 - 100 | 221,0 | 18,4 | слабо рашчлањен рељеф |
| 100,1 - 300 | 290,8 | 24,2 | умјерено рашчлањен рељеф |
| 300,1 – 800 | 0,1 | 0,00 | изразито рашчлањен рељеф |
| укупно | 1202,23 | 100,00 | |

9.2.2.4. Експозиције рељефа

Ова одлика рељефа представља битан параметар који индиректно дјелује на карактеристике природних услова и различите процесе у природној средини. Експозиција рељефа представља фактор модификовања ерозивних процеса, а утиче на климатске параметре попут: дужине трајања Сунчевог сјаја, биланса Сунчевог зрачења, температурне суме и температурне амплитуде, а посредно на интензитет физичког распадања стијена и денудације. Услед дуготрајнијег загријавања и веће температурне амплитуде, процес денудације знатно је интензивнији на јужно експонираним странама. Нарочито битан параметар представља приликом одређивања погодности рељефа за одређене дјелатности, попут пољопривредне производње, када представља кључни фактор размјештаја пољопривредних култура и фактор утицаја на прираст биомасе. Јужне стране имају највећу дужину трајања Сунчевог сјаја, што их чини најпогоднијим за пољопривредну производњу. Краћи период инсолације имају источне и западне стране, док су сјеверне често у засјени.

Температурна разлика између јужно експонираних и сјеверних страна представља један од фактора условљавања пољопривредне производње, будући да сјеверне падине у љетном периоду могу имати до 20°C нижу температуру у односу на јужне стране. Иако се ова разлика знатно смањује на висини од 20 cm од тла, када износи до 5°C, ипак представља важан фактор нарочито у пољопривредној производњи (Penzar & Penzar, 1985). Велики значај има за потребе туристичке дјелатности и насељавања, када битно одређује природне, топлотне услове за одвијање различитих активности или градњу. Картографски приказ експозиција рељефа дат је у ПРИЛОГУ 7.



Слика 9. Експозиције рељефа у односу на површину заступљености (%)

Анализа експозиција рељефа Семберије указује на највећу заступљеност источно и сјеверно оријентисаних експозиција. Укупно 57,3% територије оријентисано је у правцу *E*, *NE*, *N*, *NW* (Слика 9). Источно оријентисане стране карактеристичне су за 15,2% површине, сјевероисточне стране чине 14,4% и сјеверне стране које заузимају 14,3% површине. Сјеверозападне стране заступљене су на 13,4% површине. Раван рељеф је заступљен на најмањој површини и заузима 0,07% територије. Топле експозиције: *S*, *SW*, *SE*, *W*, заступљене су на 42,6% површине, од чега јужне стране заузимају 9,7%, југозападне 8,8%, југоисточне стране чине 12,4% и западне стране 11,7% површине.

Ради јасније представе о експозицијама рељефа, у Табели 6. дате су процентуалне вриједности заступљених експонираних страна у сваком хипсометријском појасу. У појасу до 100 m надморске висине, највећу заступљеност имају западне, а затим источне и сјевероисточне стране. Овакав положај најнижег дијела семберске равнице може се оправдати узимајући у обзир доминантне модификаторе рељефа представљене тектонским покретима спуштања дуж савског и дринског расједа и предиспонираност рељефа у правцу отицања Панонског мора према сјевероистоку. Хипсометријски појас до 200 m, одликује се сличном експозицијом страна, а рељеф је усмјерен према истоку и југоистоку. Претпоставља се да је доминантна изложеност страна према истоку и југоистоку, у појасу до 200 m надморске висине, настала као резултат обликовања рељефа

тектонским покретима издизања брчанског платоа на западу и спуштањем терена према истоку у правцу дринског расједа и долине Дрине.

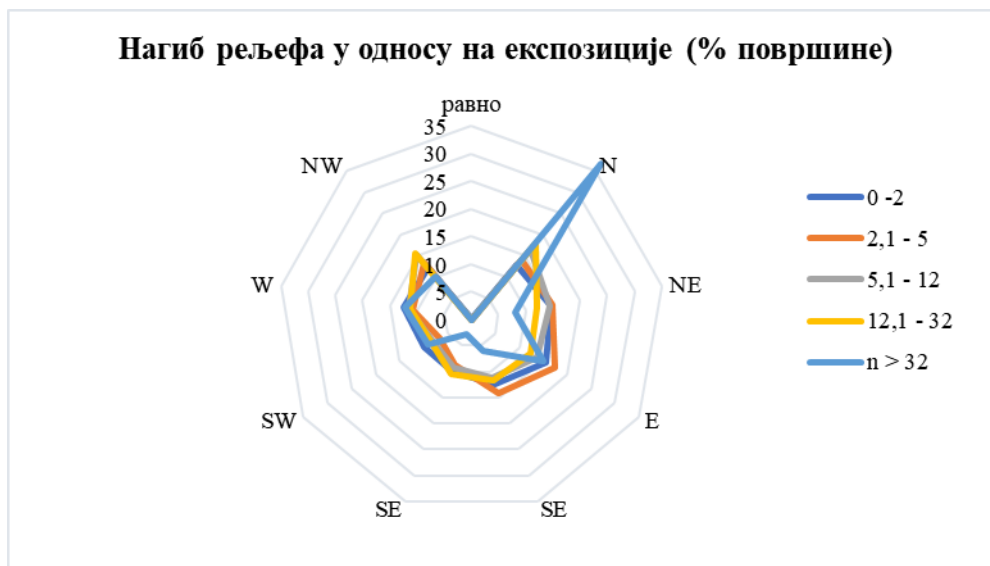
Табела 6. Експозиције рељефа према висинским појасевима (% површине)

| н.в. у метрима | % | | | | | | | | | | Σ p (%) |
|----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|---------|
| | равно | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW | | |
| h ≤ 100 | 0,2 | 12,5 | 13,6 | 13,9 | 10,9 | 10,0 | 11,4 | 14,5 | 13,2 | 100,0 | |
| 100,1-200 | 0,0 | 13,7 | 14,6 | 17,6 | 14,7 | 9,4 | 6,9 | 10,1 | 13,0 | 100,0 | |
| 200,1-300 | 0,1 | 16,5 | 15,5 | 15,0 | 11,3 | 9,8 | 8,0 | 10,6 | 13,3 | 100,0 | |
| 300,1-400 | 0,0 | 17,8 | 13,1 | 12,2 | 11,6 | 11,3 | 9,1 | 10,5 | 14,4 | 100,0 | |
| 400,1-500 | 0,0 | 18,5 | 14,9 | 13,3 | 10,4 | 8,7 | 7,9 | 10,9 | 15,4 | 100,0 | |
| 500,1-600 | 0,0 | 16,6 | 18,6 | 13,5 | 9,3 | 7,8 | 8,1 | 10,7 | 15,4 | 100,0 | |
| 600,1-700 | 0,0 | 18,0 | 16,3 | 13,4 | 14,2 | 5,7 | 6,3 | 10,3 | 15,8 | 100,0 | |
| 700,1-850 | 0,0 | 11,2 | 13,0 | 15,2 | 16,0 | 3,9 | 11,3 | 15,1 | 14,4 | 100,0 | |

Рељеф од 200,1 m до 300 m надморске висине одликује изложеност падина у правцу сјевера, сјевероистока и истока. На вишим надморским висинама, између 300,1 m и 700 m, рељеф је експониран у правцу сјевероистока, сјевера и сјеверозапада што се доводи у везу са еволуцијом рељефа, јужних прибрежних дијелова Панонске низије. Највише надморске висине у оквиру истраживане територије представљене су планинским врховима Мајевице, а доминантна изложеност према југоистоку, истоку и западу, резултат је неотектонског издизања хорста Мајевице и завршног обликовања денудацијским процесима. Рељеф на сјеверним падинама Мајевице одликује се блажим нагибима и постепеним спуштањем у виду серије површи у правцу сјевероистока, док њене југоисточне падине чине гребенасте стране према Тузланској котлини и долини ријеке Сапне.

Изложеност падина према странама свијета потребно је упоредити са нагибом рељефа како би се утврдила међусобна повезаност ових одлика и идентификовале потенцијалне могућности или ограничења приликом валоризације геоморфолошких елемената. На основу Слике 10. уочава се да је рељеф са најмањим нагибом до 2°, експониран највише према истоку, сјевероистоку и сјеверу. Рељеф нагиба од 2,1° до 5° највише је експониран према истоку, сјевероистоку и југоистоку. Падине са нагибом од 5,1° до 12°, највише су усмјерене у правцу сјевера, сјеверозапада и сјевероистока. Код знатно нагнутих падина са

нагибом од $12,1^\circ$ до 32° , превађавају сјеверне стране, а затим сјевероисточно и источно оријентисане стране. Врло стрме падине са нагибом већим од 32° , доминантно су сјеверно оријентисане. Јужно експониране стране имају већу заступљеност у рељефу са нагибом до 2° и на падинама нагиба између $12,1^\circ$ и 32° .



Слика 10. Нагиб рељефа у односу на експозиције (% површине)

9.3. КЛИМАТСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И УСЛОВИ

Вишегодишње стање атмосфере или клима неког поднебља, представља природни услов за одвијање различитих процеса, како у природној, тако и у антропогеној средини. Посматрана кроз призму извора енергије (соларна, енергија вјетра), клима се може сматрати природним потенцијалом. Будући да атмосфера представља дио геосферског комплекса, потребно је анализирати одлике климе која је фактор детерминације и интензивирања процеса у природи и фактор утицаја на друштвене, привредне и ванпривредне дјелатности. Климатска својства утичу на интензитет ерозивних процеса, одређују плувиометријски режим водотока, утичу на размјештај биљног и животињског свијета, као и размјештај становништва и људских активности у простору. Због утицаја на обликовање животне средине, климатске одлике су анализирание и у овом раду.

Према Кепеновој класификацији климата, Семберија припада умјерено-топлом (C) климату, подунавској варијанти умјерено-топлог и влажног климата са ознаком „Cf_{wax}“. Овај климатски тип припада групи влажних климата, без

изражених сушних периода, али са присутном мањом количином падавина у току зиме. Температурне амплитуде су често једнаке или више од 22°C. Основна карактеристика изражене континенталности су врло топла љета. Максимум падавина карактеристичан је за период раног љета, а највећа количина падавина излучује се најчешће у јуну, док је најмања количина падавина карактеристична за зимски период и мјесец фебруар. Западни и југозападни дијелови истраживаног простора (општина Лопаре) припадају посавској варијанти умјерено-топле и влажне климе са ознаком „*Cfwbx*“. Овај климатски тип дијели сличност са подунавском климом. Од подунавске варијанте разликује се по мањим врућинама у љетном периоду, при чему годишња температурна амплитуда не прелази 21°C. У раду је дат приказ вриједности климатских елемената за простор Семберије, према дефинисаним временским интервалима.

За простор Семберије коришћени су подаци са метеоролошке станице (у наставку МС) Бијељина која се налази на 44° 47' N и 19°16' E, на надморској висини 90 m и подаци са сусједних, просторно блиских станица, МС Тузла и МС Лозница (Република Србија). МС Тузла налази се на 44° 32' N и 18°41' E на надморској висини од 305 m, на ваздушној удаљености 50 km од МС Бијељина. МС Лозница се налази на 44° 33' N и 19°14' E на надморској висини 121 m, а удаљена је 25 km у односу на МС Бијељина.

У раду су приказани подаци са МС Бијељина и МС Тузла, за два климатолошка периода, 1961–1990 (SHMZ, 1961-1990) и 1997-2021 (RHMZ Вања Лука, 2022; FHMZ, 2013-2022), за климатске параметре: средња мјесечна температура ваздуха, средње минималне и средње максималне мјесечне температуре ваздуха, апсолутна минимална и апсолутна максимална мјесечна температура (1980–1990), средње мјесечне и годишње висине падавина, релативна влажност ваздуха (1997–2021). Подаци са МС Бијељина за други климатолошки период добијени су од Републичког хидрометеоролошког завода Бања Лука, захтјевом 12/1.03-805-1/20 од 29. априла 2020. и 12/1.03-1376-1/22 од 2. септембра 2022. МС Тузла функционисала је са прекидима од 1992. године до данас, а за 1997. годину недостају вриједности свих климатолошких елемената осим података за падавине (FHMZ, 2013-2022). Недостајуће вриједности на МС Тузла су интерполиране на основу података за 1996. и 1998. годину. У раду су приказане

просјечне мјесечне и годишње температуре ваздуха, средње минималне и максималне температуре ваздуха, средња мјесечна и годишња сума падавина, релативна влажност ваздуха и инсолација, са МС Лозница за климатолошки период 1997–2021 (РХМЗС, 1998-2022).

Табела 7. Средње мјесечне температуре ваздуха (°) у Бијељини (RHMZ Вања Лука, 2022; SHMZ, 1961-1990), Тузли (FHMZ, 2013-2022; SHMZ, 1961-1990) и Лозници (РХМЗС, 1998-2022)

| T _{sr} (°C) | Бијељина | Тузла | Бијељина | Тузла | Лозница |
|-------------------------|-----------|-------|-----------|-------|---------|
| | 1961-1990 | | 1997-2021 | | |
| I | -0,7 | -0,8 | 1,3 | 0,8 | 1,6 |
| II | 2,1 | 1,7 | 3,4 | 2,6 | 3,7 |
| III | 6,3 | 5,7 | 7,6 | 6,5 | 7,7 |
| IV | 11,3 | 10,4 | 12,6 | 11,6 | 12,6 |
| V | 16,3 | 14,8 | 17,5 | 15,5 | 17,2 |
| VI | 19,2 | 17,7 | 21,7 | 19,5 | 21,2 |
| VII | 20,9 | 19,3 | 23,5 | 21,2 | 22,8 |
| VIII | 20,3 | 18,9 | 22,8 | 21,0 | 22,4 |
| IX | 16,8 | 15,4 | 17,5 | 19,9 | 17,3 |
| X | 11,4 | 10,6 | 12,3 | 11,3 | 12,3 |
| XI | 6,0 | 5,6 | 7,2 | 6,8 | 7,5 |
| XII | 1,4 | 0,9 | 2,4 | 1,9 | 2,8 |
| год | 10,9 | 10,0 | 12,5 | 11,6 | 12,4 |
| T _a | 21,6 | 20,1 | 22,2 | 20,4 | 21,1 |

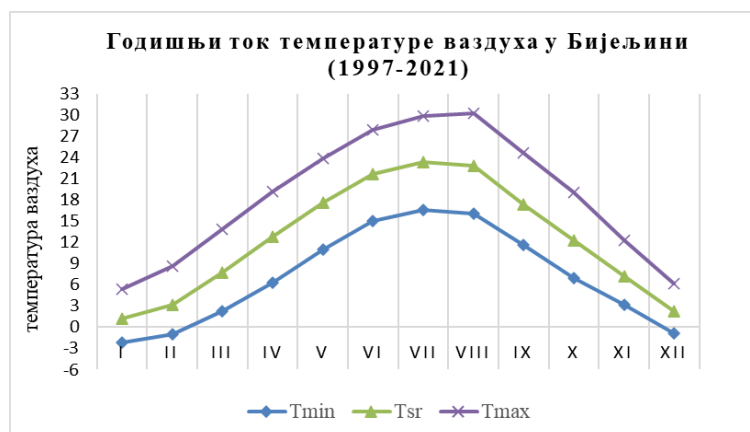
легенда: T_{sr} – средња мјесечна температура; год– средња годишња температура ваздуха; T_a- температурна амплитуда;

9.3.1. Температура ваздуха

Средња годишња температура ваздуха у Бијељини у првом климатолошком низу, 1961-1990 (SHMZ, 1961-1990), износила је 10,9°C док је у другом климатолошком низу, 1997-2021, средња годишња температура била за 1,6 °C виша у односу на претходни период (Табела 7). У поређењу са средњом годишњом температуром ваздуха у Граду Тузла, средња годишња температура у првом климатолошком низу је у Бијељини виша за 0,9°C, а у другом 1,8°C. На МС Лозница

просјечна годишња температура у периоду од 1997. до 2021. износила је $12,4^{\circ}\text{C}$. Просторна близина, мале релативне разлике у надморској висини и одсуство природних баријера, утицали су на релативно уједначене средње годишње вриједности температуре ваздуха у Лозници и Бијељини. Посматрањем средњих температурних амплитуда у Граду Бијељина уочава се већа амплитуда у новијем климатолошком низу, у односу на претходни период. Бијељина има највишу температурну амплитуду, у поређењу са температурним амплитудама у Тузли ($20,1^{\circ}\text{C}$) и Лозници ($21,1^{\circ}\text{C}$), а износи $22,2^{\circ}\text{C}$. Вриједности средњих мјесечних температура у Бијељини у другом климатолошком низу указују на пораст температуре током обје сезоне, у зимском и љетном периоду године. Средња мјесечна температура у јануару у Бијељини је у периоду 1961-1990 износила $-0,7^{\circ}\text{C}$, док је у периоду 1997-2021, просјечна јануарска температура виша за два степена и износи $1,3^{\circ}\text{C}$.

Пораст јануарских температура забиљежен је и на МС Тузла, гдје је у јануару за период 1961-1990 средња мјесечна температура износила $-0,8^{\circ}\text{C}$ а у другом периоду $0,8^{\circ}\text{C}$. У Тузли је у другом климатолошком низу забиљежен просјечан пораст јануарске температуре за један степен у односу на претходни климатолошки период. На станици Лозница просјечна јануарска температура износила је $1,6^{\circ}\text{C}$. Просјечна јануарска температура у Бијељини виша је за $0,5^{\circ}\text{C}$ у односу на јануарску температуру у Граду Тузла. Средња јулска температура ваздуха у Бијељини у новијем климатолошком периоду порасла је за $2,6^{\circ}\text{C}$ у односу на претходни период, а износи $23,5^{\circ}\text{C}$. Средња јулска температура у Бијељини је у периоду 1997–2021 била виша за $2,3^{\circ}\text{C}$ у односу на јулску температуру Тузле, док је у периоду 1961–1990 ова разлика била мања за $0,7^{\circ}\text{C}$. У односу на станицу Лозница, температура у Бијељини у мјесецу јулу је просјечно виша за $0,7^{\circ}\text{C}$.



Слика 11. Годишњи ток температуре ваздуха (T_{sr} , T_{min} , T_{max})
 легенда: T_{min} – средња мјесечна минимална температура ваздуха; T_{sr} – средња мјесечна температура ваздуха; T_{max} – средња мјесечна максимална температура ваздуха

Средња мјесечна минимална температура ваздуха у Бијељини у периоду од 1997. до 2021. године најнижа је у мјесецу јануару и износи $-2,2^{\circ}\text{C}$, а негативне вриједности средње минималне температуре ваздуха карактеристичне су и за мјесеце фебруар и децембар (Слика 11). Највиша вриједност средње минималне температуре у Бијељини износи $16,6^{\circ}\text{C}$ а карактеристична је за мјесец јули. Средње минималне температуре више од 5°C карактеристичне су период од априла до октобра. Средња годишња минимална температура ваздуха у Бијељини износи 7°C . Семберска равница на западу и југозападу постепено прелази у брдски а затим и ниско-планински рељеф, рашчлањен котлинама и ријечним долинама. Овај дио истраживаног простора је према својим геоморфолошким и климатским својствима сличнији тузланској котлини, а са удаљавањем према западу, разлика у односу на ниски равничарски простор Семберије је све израженија. МС Тузла налази се на простору Тузланске котлине, на вишој надморској висини у односу на МС Бијељина, па су на овом простору карактеристичне ниже средње минималне температуре ваздуха.

Мјесеци са негативним средњим минималним температурама ваздуха (Табела 8) су јануар, фебруар и децембар, при чему је најнижа средња мјесечна температура ваздуха карактеристична за мјесец јануар и износи $-2,9^{\circ}\text{C}$. Највиша вриједност средње мјесечне минималне температуре ваздуха изражена је у мјесецу јулу, $14,7^{\circ}\text{C}$. Средње мјесечне минималне температуре ваздуха више од 5°C у Тузли се

јављају у периоду од маја до октобра. Средња годишња минимална температура ваздуха у Тузли је за један степен нижа у односу на Бијељину. Мјесец са најнижом температуром на МС Лозница је јануар, са средњом минималном температуром ваздуха $-1,6^{\circ}\text{C}$, док је у јулу, средња минимална температура ваздуха износила $16,8^{\circ}\text{C}$. Средња годишња вриједност минималне температуре ваздуха највиша је у Лозници и износи $7,6^{\circ}\text{C}$.

Табела 8. Годишњи ток средње минималне температуре ваздуха у Бијељини (RHMZ Вања Лука, 2022), Тузли (FHMZ, 2013-2022) и Лозници (РХМЗС, 1998-2022)

| Tmin (1997-2021) | Бијељина | Тузла | Лозница |
|------------------|----------|-------|---------|
| I | -2,2 | -2,9 | -1,6 |
| II | -1,0 | -1,8 | -0,3 |
| III | 2,2 | 1,2 | 2,8 |
| IV | 6,3 | 5,4 | 6,9 |
| V | 11,0 | 9,4 | 11,5 |
| VI | 15,0 | 13,2 | 15,4 |
| VII | 16,6 | 14,7 | 16,8 |
| VIII | 16,0 | 14,5 | 16,5 |
| IX | 11,6 | 10,6 | 12,3 |
| X | 6,9 | 6,3 | 7,8 |
| XI | 3,1 | 2,8 | 3,8 |
| XII | -0,9 | -1,5 | -0,3 |
| год | 7,0 | 6,0 | 7,6 |

Средња годишња максимална температура ваздуха у Бијељини у периоду 1997-2021, износила је $18,4^{\circ}\text{C}$ (Табела 9). Најнижа вриједност средње мјесечне максималне температуре ваздуха забиљежена је у мјесецу јануару и износи $5,4^{\circ}\text{C}$ док је највиша вриједност карактеристична за мјесец август и износи $30,2^{\circ}\text{C}$. Према подацима са МС Тузла, годишња максимална температура ваздуха износи $18,5^{\circ}\text{C}$. Најнижа вриједност средње максималне температуре јавља се у јануару када износи $5,8^{\circ}\text{C}$, док је максимална вриједност средњег мјесечног максимума температуре карактеристична за мјесец јули, када износи $28,8^{\circ}\text{C}$. Средња годишња максимална температура ваздуха у Лозници у периоду 1997-2021 износила је $18,2^{\circ}\text{C}$. Најнижа вриједност мјесечног максимума температуре ваздуха забиљежена је у јануару и износи $5,8^{\circ}\text{C}$, док је највиша вриједност средњег мјесечног максимума карактеристичан за август и износи $29,3^{\circ}\text{C}$.

Табела 9. Годишњи ток средње максималне температуре ваздуха у Бијељини (RHMZ Вања Лука, 2022), Тузли (FHMZ, 2013-2022) и Лозници (РХМЗС, 1998-2022)

| Tmax (1997-2021) | Бијељина | Тузла | Лозница |
|------------------|----------|-------|---------|
| I | 5,4 | 5,8 | 5,8 |
| II | 8,6 | 8,4 | 8,8 |
| III | 13,8 | 13,1 | 13,6 |
| IV | 19,2 | 18,7 | 18,8 |
| V | 23,9 | 30,7 | 23,3 |
| VI | 27,9 | 26,5 | 27,1 |
| VII | 29,9 | 28,8 | 29 |
| VIII | 30,2 | 28,7 | 29,3 |
| IX | 24,6 | 23,5 | 24,1 |
| X | 19,1 | 18,8 | 19 |
| XI | 12,3 | 12,7 | 12,8 |
| XII | 6,1 | 6,4 | 6,8 |
| год. | 18,4 | 18,5 | 18,2 |

9.3.1.1. Термодромски коефицијент

Овај коефицијент поставио је Кернер а представља показатељ континенталности/маритимности климе. Рачуна се према обрасцу:

$$K = \frac{t_X - t_{IV}}{A} \cdot 100\% \quad (1)$$

у којој су: t_X – средња мјесечна температура у октобру, t_{IV} – средња мјесечна температура у априлу, A – годишња температурна амплитуда (Milosavljević M. , 1963). Вриједности K веће од 15% указују на припадност маритимном типу климе. Вриједности K мање од 15% указују на већи степен континенталности. Опадањем вриједности K расте степен континенталности климе. За изразито континенталне области, коефицијент K може бити негативан.

Према термодромском коефицијенту Кернера, Бијељина припада климатском типу изражене континенталности са значајним температурним колебањем током године. Вриједност коефицијента износи -1,72%. Према Кернеровом коефицијенту, континенталном термичком режиму припада и Тузла са вриједношћу коефицијента -1,46%, док је висина коефицијента за Лозницу, -0,47%. Обзиром на негативне вриједности коефицијента, клима Семберије и сусједних градова, Тузле и Лознице, одликује се израженим континенталним утицајима.

9.3.2. Релативна влажност ваздуха

Средња мјесечна релативна влажност ваздуха у Бијељини има минималне вриједности у јулу када износи 68,4%, док свој максимум достиже у зимским мјесецима, у децембру и јануару, када износи 87,8% (Табела 10). Релативна влажност опада од хладног према топлијем дијелу године, при чему разлика између мјесеца са највећом влажношћу ваздуха и најсувљег мјесеца у Бијељини износи 19,4%. Просјечна годишња вриједност релативне влажности ваздуха у Бијељини је 78,5%. У љетном периоду ваздух је знатно сувљи у односу на остала годишња доба када владају услови умјерене влажности ваздуха, 75% до 90%. Према подацима са МС Тузла релативна влажност ваздуха у Тузли најнижа је у јулу када износи 69,3% а највиша у јануару 80,7%. Средња годишња релативна влажност ваздуха нижа је у односу на Бијељину и износи 74%, а разлика између мјесеца са највишом релативном влажношћу и мјесеца са најнижом влажношћу ваздуха износи 11,4%. Средња годишња релативна влажност ваздуха у Лозници износи 74,1%, при чему најнижу вриједност има у мјесецу јулу када износи 67,4% а највишу вриједност има у мјесецу децембру, са 83,4% влажности. Разлика између мјесеца са највишом и мјесеца са најнижом релативном влажношћу ваздуха износи 16%.

Табела 10. Релативна влажност ваздуха (%) у Бијељини (RHMZ Banja Luka, 2022), Тузли (FHMZ, 2013-2022) и Лозници (РХМЗС, 1998-2022)

| Rh (1997–2021) | Бијељина | Тузла | Лозница |
|----------------|----------|-------|---------|
| I | 87,8 | 80,7 | 82,5 |
| II | 84,1 | 75,6 | 76,8 |
| III | 78,8 | 67,7 | 68,7 |
| IV | 75,6 | 66,9 | 67,6 |
| V | 74,5 | 71,6 | 69,6 |
| VI | 71,2 | 71,7 | 69,4 |
| VII | 68,4 | 69,5 | 67,4 |
| VIII | 69,7 | 69,3 | 68,4 |
| IX | 77,2 | 75,5 | 74,1 |
| X | 81,3 | 78,3 | 79,2 |
| XI | 85,6 | 79,1 | 81,4 |
| XII | 87,8 | 79,5 | 83,4 |
| год. | 78,5 | 74 | 74,1 |

9.3.3. Падавине

Овај климатски елемент има велики значај за живи свијет, нарочито вегетацију. У зависности од количине падавина, њиховог интензитета и годишњег тока, остварује се утицај на физичка и хемијска својства земљишта. Падавине утичу на растварање минерала у земљишту, везујући специфичне елементе из атмосфере. На овај начин омогућује се развој биљака и бујање вегетације. Насупрот томе, дуготрајне падавине, великог интензитета, могу дјеловати негативно на вегетацију, ометајући процесе опрашивања биљака, цвјетања, изазивајући физичко ломљење стабала, труљење коријена и уништавање плода. Изузетно негативно могу дјеловати на земљиште посредством ерозије или кроз интензивно испирање хранљивих материја. Утицај падавина на остале елементе биосфере зависиће од самих карактеристика климе на датом простору и утицаја који остварује у интеракцији са осталим елементима и условима природне средине.

Посматрањем вриједности у Табели 11. за први мјерни период 1961-1990, на МС Бијељина, уочава се неравномјеран распоред падавина током године, са израженим кишним периодом у топлијем дијелу године. Најкишовитији мјесец у Бијељини, у овом периоду био је јуни са 98 mm падавина. Најсушнији мјесец у Бијељини, у истом временском периоду, био је фебруар са свега 46 mm падавина. Средња годишња сума падавина у периоду 1961-1990 износила је 737 mm. У другом климатолошком периоду, од 1997-2019, годишња висина падавина износила је 750,6 mm. Најкишовитији мјесец је био мај са 87,2 mm падавина, а најсушнији фебруар са 48,2 mm падавина.

Према подацима са МС Тузла, у периоду 1961-1990, средња висина падавина износила је 894,3 mm. Најкишовитији мјесец је јуни са висином од 110,8 mm падавина, док је најсушнији мјесец фебруар са 55 mm падавина. У другом климатолошком периоду, 1997-2019, према подацима са МС Тузла, најкишовитији мјесец је јуни са висином падавина 114,1 mm док је најсушнији мјесец фебруар са 55,6 mm падавина. Средња годишња сума падавина износила је 923 mm. Према подацима са МС Лозница у периоду 1997-2019, најкишовитији мјесец у Лозници је био јуни са 100,4 mm падавина, док је најсушнији фебруар, са 56,1 mm падавина. Годишња сума падавина у овом периоду износила је 882,1 mm.

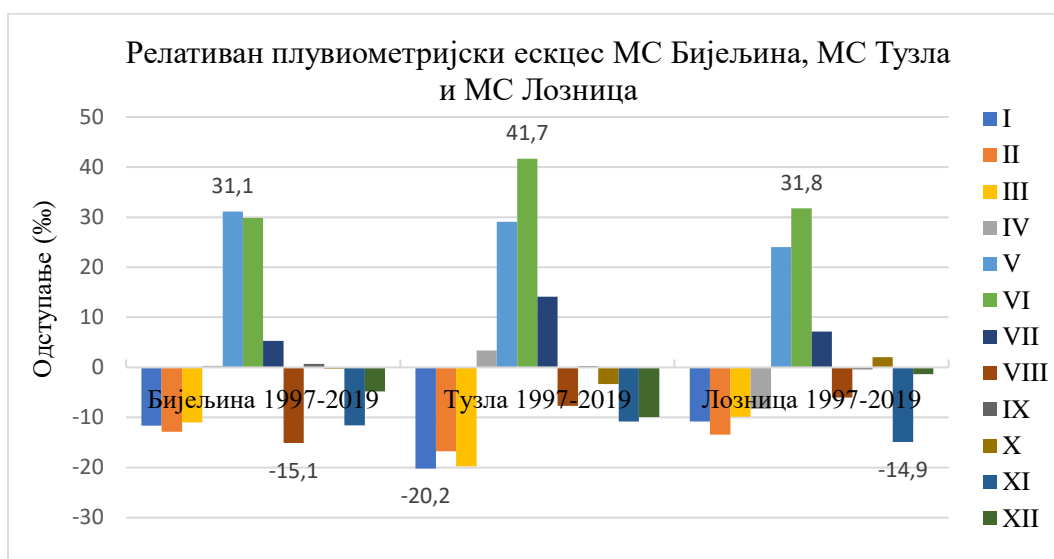
Табела 11. Годишња расподјела падавина у Бијељини (RHMZ Ванја Лука, 2022), Тузли (FHMZ, 2013-2022) и Лозници (РХМЗС, 1998-2022)

| P(mm) | Бијељина | Тузла | Бијељина | Тузла | Лозница |
|----------|-----------|-------|-----------|-------|---------|
| | 1961-1990 | | 1997-2019 | | |
| I | 48 | 58,6 | 55 | 59,8 | 65,5 |
| II | 46 | 55 | 48,2 | 55,6 | 56,1 |
| III | 56 | 61,1 | 55,5 | 60,2 | 66,3 |
| IV | 61 | 75,9 | 61,8 | 78,8 | 65 |
| V | 67 | 91,7 | 87,2 | 105,3 | 96,2 |
| VI | 98 | 110,8 | 83,9 | 114,1 | 100,4 |
| VII | 71 | 93,8 | 67,8 | 91,5 | 81,3 |
| VIII | 66 | 84,1 | 52,4 | 71,4 | 69,7 |
| IX | 52 | 64,4 | 62,1 | 75,9 | 72 |
| X | 47 | 56,4 | 63,6 | 75,4 | 76,8 |
| XI | 65 | 71 | 52,9 | 65,7 | 59,2 |
| XII | 60 | 71,5 | 60,2 | 69,3 | 73,8 |
| Σ | 737 | 894,3 | 750,6 | 923 | 882,5 |

Будући да у Семберији доминантну активност чини пољопривреда, од нарочитог значаја за узгој биљака је расподјела падавина током године. За прорачун равномјерности расподјеле падавина током године користе се два показатеља: релативни плувиометријски ексцес и плувиометријски коефицијент. Релативни плувиометријски ексцес (P_e) представља разлику између стварне мјесечне висине падавина (%) и равномјерно расподијелене мјесечне висине падавина у % (Milosavljević M. , 1963). Мјесеци са позитивним ексцесом су влажни, док су мјесеци са негативним ексцесом сушни. Посматрањем графика на Слици 12, уочава се да су на простору Бијељине мјесеци влажног плувиометријског ексцеса у топлијем дијелу године и то мај, јуни, јули, а незнатно позитивна одступања влажности у односу на равномјерну расподјелу присутна су и током априла и септембра. Највлажнији мјесец у Бијељини је мај са 31,1% више падавина у односу на претпостављену нормалу расподјелу. Током октобра присутна је незнатно већа количина падавина у односу на вриједност према равномјерној расподјели падавина. Период негативног плувиометријског ексцеса траје шест мјесеци, а најсувљи је август са 15% мање падавина у односу на равномјерну расподјелу у датом мјесецу.

У Тузли су мјесеци влажности април, мај, јуни, јули и септембар. Мјесец са највишим позитивним плувиометријским ексцесом је јуни када се јавља 41‰ више падавина у односу на хипотетичку равномјерну расподјелу. Мјесеци са негативним плувиометријским ексцесом које карактерише недостатак влаге су карактеристични за хладнији дио године. Негативни плувиометријски ексцес најизраженији је током јануара када је дефицит влажности 20‰ у односу на хипотетичку нормалну расподјелу. Сушни период у Тузли траје седам мјесеци.

Подаци за Лозницу указују на континентални плувиометријски режим, па су влажни мјесеци присутни у топлијем дијелу године и то мај, јуни, јули и октобар. Позитиван плувиометријски ексцес највећу вриједност има током јуна када влада суфицит влажности за 32‰ у односу на хипотетичку нормалну расподјелу. Сушни период са негативним плувиометријским ексцесом у Лозници траје осам мјесеци. Негативни плувиометријски ексцес је карактеристичан за хладни дио године, а најизразитији је током новембра када је присутно 15‰ мање падавина у односу на нормалну расподјелу за дати мјесец. Према вриједностима плувиометријског ексцеса Бијељина има најдужи период позитивног плувиометријског ексцеса, који је присутан током шест мјесеци у топлијем дијелу године. Најдужи период негативног плувиометријског ексцеса је карактеристичан за Лозницу, гдје је присутан дефицит падавина у периоду од осам мјесеци, у односу на хипотетичку нормалу. Највеће екстреме позитивног и негативног плувиометријског ексцеса има Тузла гдје укупна амплитуда износи 62‰. Највећи позитиван плувиометријски ексцес јавља се у јуну и износи 41,7‰, а највећи негативни плувиометријски ексцес јавља се у јануару када износи -20,2‰.



Слика 12. Релативан плувиометријски ексцес у Бијељини, Тузли и Лозници

Плувиометријски коефицијент (P_c) представља однос између стварне висине падавина у % и равномјерне висине падавина у %. Вриједности коефицијента веће од један указују на влажне мјесеце, а вриједности мање од један показују сушне мјесеце (Milosavljević M. , 1963). Вриједности плувиометријског коефицијента (Табела 12) наводе на закључке сличне претходном показатељу. У Бијељини су најкишовитији мјесеци мај, јуни и јули, при чему се у мају и јуну излучи за трећину више падавина него што би овај мјесец имао при равномјерној расподјели падавина током године. Током априла, септембра и октобра, мјесечна количина падавина је једнака претпостављеној количини падавина при равномјерној расподјели. Насупрот томе, у августу се излучи за петину мање падавина у односу на хипотетичку вриједност при равномјерној расподјели. Мјесеци нижих вриједности плувиометријског коефицијента су у хладнијем дијелу године, од новембра до марта и током августа.

У Тузли, влажни период траје од априла до јула. У јуну се излучи 51% више падавина у односу на вриједност при равномјерној мјесечној расподјели. Најсушнији мјесец је фебруар током ког падне 22% мање кише у односу на нормализовану мјесечну вриједност. У Тузли су вриједности плувиометријског коефицијента ниже од један током хладног дијела године, од октобра до марта, и током августа. Подаци са МС Лозница показују да је најкишнији мјесец јуни у ком се излучи 40% више падавина у односу на мјесечну вриједност равномјерне

расподјеле. Влажни мјесеци су мај, јуни, јули, а затим септембар и октобар. Најсушнији је новембар када се излучи петину мање падавина у односу на мјесечну вриједност при равномјерној расподјели падавина.

Табела 12. Вриједности плувиометријског коефицијента у периоду за Бијељину (RHMZ Вања Лука, 2022), Тузлу (FHMZ, 2013-2022) и Лозницу (РХМЗС, 1998-2022)

| <i>P_c</i> 1997-2019 | Бијељина | Тузла | Лозница |
|--------------------------------|----------|-------|---------|
| I | 0,86 | 0,76 | 0,87 |
| II | 0,83 | 0,78 | 0,83 |
| III | 0,87 | 0,77 | 0,88 |
| IV | 1 | 1,04 | 0,9 |
| V | 1,37 | 1,34 | 1,28 |
| VI | 1,36 | 1,51 | 1,39 |
| VII | 1,06 | 1,17 | 1,08 |
| VIII | 0,82 | 0,91 | 0,93 |
| IX | 1,01 | 1 | 1 |
| X | 1 | 0,96 | 1,02 |
| XI | 0,86 | 0,87 | 0,82 |
| XII | 0,94 | 0,88 | 0,98 |

9.3.3.1. Лангов кишни фактор

За прецизније одређење климатских карактеристика неког простора и климатску регионализацију често се користе вриједности температуре ваздуха и висине падавина. Један од показатеља аридних или хумидних одлика неког мјеста на Земљи је Лангов кишни фактор. Ланговог кишни фактор може се изразити формулом (Milosavljević M. , 1963, стр. 242):

$$Lf = \frac{P_g}{T_g} \quad (2)$$

гдје је P_g – средња годишња сума падавина (mm); T_g – средња годишња температура ваздуха (°C).

Лангов кишни фактор за простор Семберије (МС Бијељина) има вриједност на граници између семиаридног типа климе, према семихумидној клими. Lf фактор износи 60. За хипсометријски више терене унутар простора истраживања (Лопаре, Угљевик), Лангов кишни фактор износи 79,6 (МС Тузла), а сврстава се у семихумидни тип климе, док за Град Лозницу износи 71,2 (МС Лозница).

9.3.3.2. Де Мартонов индекс суше

Још један важан показатељ влажности/сушности неког поднебља је Де Мартонов индекс суше. Према Де Мартоновом индексу суше (ИДМ) одређују се сушни, умјерени и влажни предјели на основу суме падавина и температуре ваздуха. Првобитни образац за рачунање годишње вриједности индекса суше био је у облику (Дукић, 1976, стр. 37-38):

$$I = \frac{x_g}{t_g + 1} \quad (3)$$

гдје су: x_g – годишња сума падавина, t_g – средња годишња температура ваздуха. За прорачун мјесечних вриједности Де Мартоновог индекса суше користи се образац:

$$I_m = \frac{12 x_m}{t_m + 10} \quad (4)$$

при чему су: x_m – мјесечна сума падавина, t_m – средња мјесечна температура ваздуха. Овај образац је модификовао сам Де Мартон 1942. године увидјевши немогућност да се на основу њега препознају промјене у падавинском режиму и температурним осцилацијама током године. Промјене у падавинском режиму и температурне осцилације су нарочито значајне за утврђивање везе између климатских типова и услова развоја вегетације (Дукић, 1976). Према коригованој формули, годишњи Де Мартонов индекс суше се рачуна:

$$I = \frac{\frac{x_g}{(t_g + 10)} + \frac{12x_{ms}}{(t_{ms} + 10)}}{2} \quad (5)$$

при чему је x_g – годишња сума падавина, t_g – средња годишња температура ваздуха, x_{ms} – сума падавина најсувљег мјесеца и t_{ms} – средња мјесечна температура најсувљег мјесеца.

Табела 13. Мјесечни индекс суше за МС Бијељина, Тузла и Лозница

| МС 1997-2019 | Бијељина | Тузла | Лозница |
|--------------|----------|-------|---------|
| I | 58,8 | 66,8 | 68,1 |
| II | 43,9 | 54 | 50,2 |
| III | 37,7 | 43,5 | 44,8 |
| IV | 32,6 | 43,5 | 34,4 |
| V | 37,9 | 49,3 | 42,4 |
| VI | 31,8 | 46,5 | 38,7 |
| VII | 24,3 | 35,2 | 29,8 |

Наставак Табеле 13.

| МС 1997-2019 | Бијељина | Тузла | Лозница |
|----------------|----------|-------|---------|
| VIII | 19,2 | 27,6 | 25,9 |
| IX | 27,2 | 30,2 | 31,7 |
| X | 34,2 | 42,3 | 41,2 |
| XI | 36,8 | 46,8 | 40,5 |
| XII | 58,9 | 71,1 | 70,3 |
| ИДМ год. | 33,4 | 42,7 | 39,4 |
| ИДМ год. (кор) | 26,3 | 35,2 | 32,7 |

Доводећи у везу климатске специфичности са развојем вегетације, Де Мартон је сва подручја са вриједностима индекса већим од 30 сврстао у хумидне зоне са сталним отицањем воде. Према подацима у Табели 13. вриједност ИДМ индекса за уже подручје Семберије (МС Бијељина) износи 33,4 што Семберију сврстава у хумидне регионе са израженим егзореизмом. Горњем прагу ове категорије припада и Град Лозница са годишњом вриједношћу индекса суше 39,4 док за Тузлу и хипсометријски блиске просторе, Угљевик и Лопаре, овај индекс износи 42,7. Индекс суше већи од 30 упућује на све веће распрострањење шумске вегетације у природи, док вриједности индекса веће од 40, карактеришу области у којима шума покрива велику површину у природи, а ратарске културе су угрожене услед прекомјерне количине влаге (Дукић, 1976). Анализом индекса суше према сезонама: зима (XII, I, II), прољеће (III, IV, V), љето (VI, VII, VIII), јесен (IX, X, XI), могуће је извршити карактеризацију климатских услова.

Мјесечни индекс суше у Бијељини има вриједности у распону од 19,2 до 58,9. Максималне вриједности индекса су забиљежене током зимских мјесеци, од 43,9 до 58,9. Овај период карактерише релативно константна влажност изражена падавинама у виду кише и снијега и ниске средње мјесечне температуре. Ови фактори доприносе смањењу испаравања и дуготрајнијем задржавању влаге у тлу. Вриједности индекса суше најниже су у љетним мјесецима са просјечном мјесечном вриједношћу индекса 25,1. Минимални индекс суше карактеристичан је за мјесец август када овај простор поприма карактеристике степских простора са вриједношћу индекса суше од 19,2. У овом периоду се Семберија налази на горњој граници сушних области, које карактерише претежно степска вегетација.

Јесен и прољеће карактерише интензивније отицање и већа влажност тла, а вриједности индекса су релативно уједначене унутар сезоне. Просјечна вриједност индекса је већа у прољећном периоду када износи 36,1 док је у јесењем периоду просјек 32,7. Зимски период године у Семберији одликују највеће вриједности индекса а сезонски мјесечни просјек износи 53,9. Током зимских и прољетних мјесеци овај простор се сврстава у области егзореичног одводњавања са израженим периферним отицањем, нарочито у зимском периоду када је отицање најобилније.

Мјесечне вриједности индекса суше у Тузли налазе се у опсегу од 27,6 до 71,1. Анализом просјечних вриједности индекса по сезонама, уочава се да је индекс највећи у зимском периоду, када просјечна вриједност износи 63,9. Просјечно најниже вриједности индекса се јављају током љетних мјесеци 36,4. Најсушнији мјесец је август када индекс суше износи 27,6. За разлику од Бијељине, Тузла се према љетном просјеку индекса суше сврстава у области влажне климе са шумском вегетацијом. Овакви услови резултат су релативно уједначеног падавинског режима и просјечно нижим средњим мјесечним температурама ваздуха, што резултира мањим испаравањем у односу на простор Бијељине. Просјечне вриједности индекса у прољеће износе 45,4 док је јесењи просјек 39,8. На основу ових показатеља, може се закључити да у зимском и прољетном периоду Тузлу карактерише изразита влажност. Веће површинско отицање у зимском и прољетном периоду, у односу на љето и јесен, резултира и вишим водостајима на ријекама овог простора.

Годишња вриједност индекса суше у Лозници износи 39,4 према чему се сврстава у просторе са периферним одводњавањем на којима шуме покривају велике површине. Сушни период је најизраженији током јесени када достиже просјечну сезонску вриједност до 33. Релативно ниске сезонске вриједности индекса су и током љетних мјесеци када просјечна мјесечна вриједност индекса износи 37. Најсувљи мјесец је септембар са вриједношћу 25,9. Највећа вриједност индекса суше у Лозници је током зимских мјесеци, када индекс износи 52,9 при чему је највиша вриједност карактеристична за децембар и износи 70,3. Годишња вриједност индекса суше у распону од 30 до 40 се сматра оптималном за интензивну пољопривредну производњу. Према овој категоризацији Бијељина се сврстава у оптималне просторе за интензивну пољопривреду а Лозница се налази на прелазу

према областима веће влажности. Најмање повољне услове за пољопривреду има Град Тузла, због веће влажности и обилнијег отицања.

Када се узме у обзир коригована формула за годишње вриједности Де Мартоновог индекса, која укључује и однос између годишње суме падавина и најсушнијег мјесеца током године, добијене су релативно ниже вриједности индекса. Према коригованој формули за годишњи ИДМ, Бијељина припада категорији шумовитих степа, са израженим егзореичним одводњавањем и умјереним отицањем. Лозница и Тузла припадају влажним областима са већом заступљеношћу шума и израженим сталним периферним одводњавањем.

9.3.3.3. Хидротермички коефицијент Сељанинова

За пољопривредне рејоне попут Семберије, нарочито је важан размјештај падавина у вегетационом периоду и залихе воде у тлу у кључним фазама развоја биљке. Ради класификације простора према условима влажности и повољности за раст вегетације, користи се метод Сељанинова. Овом методом настоји се утврдити повезаност између испаравања и атмосферских прилика, под претпоставком да је утрошак влаге на испаравање у топлим мјесецима релативно једнак температурној суми у датом периоду, умањеној десет пута (Рајић & Земунас, 2017). Изражава се обрасцем:

$$P = \frac{\sum t}{10} \quad (6)$$

Рачунањем односа између суме падавина за топли период године, према суми испаравања воде из земљишта у истом периоду, добија се хидротермички коефицијент Сељанинова или условни биланс влаге. Хидротермички коефицијент Сељанинова K_s рачуна се према обрасцу (Butoras, 1963):

$$K_s = \frac{\sum P}{\sum t} \cdot 10 \quad (7)$$

при чему су: $\sum P$ – сума падавина у периоду вегетације изражена у mm, $\sum t$ сума активних температура у °C, у истом периоду. За почетак вегетационог периода може се користити одређени температурни праг. За рачунање хидротермичког коефицијента Сељанинова за Семберију, кориштена је вриједност температурног прага 10°C (термофилне биљке). На основу података о средњим мјесечним температурама и мјесечним сумама падавина са МС Бијељина, израчунати су

апроксимативни датуми улаза (почетка) и излаза (завршетка) вегетационог периода. Према величини хидротермичког коефицијента Сељанинова разликује се пет зона снабдјевености влагом:

- I зона, зона ексцесивне влажности тла са билансом влаге (K_s) већим од 1,3 а нарочито у предјелима са билансом влаге преко 1,5;
- II зона, зона довољне влажности са билансом влаге у распону од 1,3 до 1,0. Зона интензивне пољопривредне производње;
- III зона, сушна зона са билансом влаге од 0,7 до 1,0 са јасно израженим недостатком влаге, а наводњавање је рентабилно при узгоју најважнијих култура;
- IV зона, са билансом влаге 0,7 до 0,5 је зона сувог ратарења, ниских и непоузданих приноса, а наводњавање је исплативо за основне културе (пшеница, луцерка);
- V зона, са билансом влаге испод 0,5 је зона наводњавања (полупустиње, пустиње); пољопривреда је могућа једино уз примјену наводњавања.

Подаци приказани у Табели 14. резултат су прорачуна апроксимативних улазних и излазних датума јављања температурног прага од 10°C, за сваку годину појединачно. На основу дужине трајања вегетационог периода за сваку годину од 2010. до 2019. године израчунате су вриједности хидротермичког коефицијента. Најранији улазни датум почетка вегетационе сезоне у посматраном десетогодишњем периоду у Семберији је 14. март 2017. године. Према прорачунима, на основу средњих мјесечних вриједности температуре, вегетациони период је најдуже трајао до 21. новембра, у 2019. години. Средња мјесечна температура у новембру исте године износила је 11,3°C. Према израчунатим вриједностима хидротермичког коефицијента, потенцијално могуће трајање вегетационог периода у 2019. години је износило 250 дана. Најкраћи вегетациони период био је 2010. године, са потенцијалним трајањем до 195 дана.

Просјечна вриједност хидротермичког коефицијента у периоду од 2010. до 2019. године у Семберији износи 1,17. На основу дате вриједности коефицијента, просјечан вегетациони период у Семберији припада зони довољне влажности и сматра се погодним за узгој житарица и интензивну пољопривредну производњу.

Иако просјечне вриједности индекса указују на оптималне услове влажности за развој пољопривредне производње у Семберији, уочљиве су осцилације у погледу услова влажности у различитим годинама. На основу израчунатих вриједности индекса, године ексцесивне влажности у Семберији биле су 2010. и 2014. Нарочито се истиче 2014. година када је индекс достигао максималну вриједност у односу на посматрани десетогодишњи период.

Година 2014. је карактеристична по обилним падавина, нарочито током мјесеца маја, када се према подацима МС Бијељина, у Семберији излучило три пута више кише у односу на мајски просјек, у периоду 1997-2019. Ексцесивна влажност у 2014. години утицала је на смањење приноса пшенице, чија је производња пала за 2,4 пута у односу на претходну, 2013. годину (Републички завод за статистику, 2017, стр. 120). Просјечан принос пшенице по ha, умањен је са 4,5 на свега 2,5 t/ha. У посматраном десетогодишњем периоду сушне године су биле 2011, 2012 и 2015. година. Најнижа вриједност индекса суше била је 2012. године 0,71. Ову годину карактерише знатно мања количина падавина нарочито у љетном периоду, а мјесец август је био у потпуности без падавина. Укупна сума падавина у овој години износила је свега 573 mm, у односу на просјечну вриједност која износи 750,6 mm. У Семберији су 2013, 2016, 2017. и 2019. године забиљежени погодни услови влажности за развој вегетације и производњу ратарских култура.

Табела 14. Вриједности хидротермичког коефицијента за МС Бијељина (2010-2019)

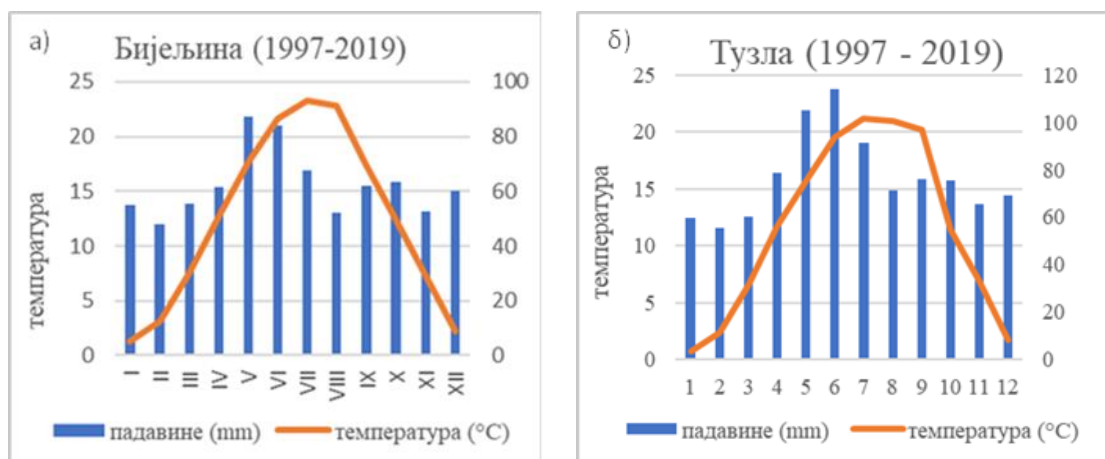
| година | почетак вег. периода | крај вег. периода | $\sum P$ | $\sum t$ | K_s | зона | опис |
|-----------|----------------------------|----------------------|----------|----------|-------|------|------------------------|
| 2010 | 01. 4. | 12. 10. | 636,3 | 4035,9 | 1,58 | I | ексцесивна влажност |
| 2011. | 29. 3. | 18. 10. | 288,6 | 3850,4 | 0,75 | III | суша |
| 2012. | 22. 3. | 15. 11. | 315,48 | 4420,3 | 0,71 | III | суша |
| 2013. | 01. 4. | 05. 11. | 445,95 | 3973,7 | 1,12 | II | довољна влажност |
| 2014. | 20. 3. | 06. 11. | 816,20 | 3949,8 | 2,07 | I | ексцесивна влажност |
| 2015. | 01. 4. | 29. 10. | 380,63 | 4043,9 | 0,94 | III | суша |
| 2016. | 26. 3. | 21. 10. | 512,76 | 4329,9 | 1,18 | II | довољна влажност |
| 2017. | 14. 3. | 31. 10. | 469,35 | 4208,0 | 1,12 | II | довољна влажност |
| 2018. | 28. 3. | 06. 11. | 394,15 | 4285,6 | 0,92 | III | суша |
| 2019. | 16. 3. | 21. 11. | 552,83 | 4399,4 | 1,26 | II | довољна влажност |
| просјечно | | | 481,23 | 4149,7 | 1,17 | II | довољна влажност |

Још један показатељ континенталности је мјера релативног годишњег колебања падавина. Што је веће годишње колебање то је израженија неравномјерност падавинског режима током године. Релативно годишње колебање падавина рачуна се према обрасцу (Ivanović, 1976):

$$Rg = \frac{R_x - R_n}{R} \cdot 100 \quad (8)$$

при чему је: R_x – мјесец са највећом сумом падавина у току године, R_n – мјесец са најмањом сумом падавина током године, R – годишња сума падавина. Висок проценат релативног годишњег колебања падавина упућује на израженију неравномјерност расподјеле падавина током године. Што је вриједност релативног годишњег колебања падавина ближа 0, равномјернија ја расподјела падавина током године. Овај показатељ користи се и за утврђивање плувиометријског режима неке области. Веће суме падавина у топлијем дијелу године (IV–IX мјесец) упућују на континентални плувиометријски режим. Већа сума падавина током хладнијег дијела године (X–III мјесец), указује на маритимни падавински режим.

На основу података са МС Бијељина, у периоду 1997–2019, релативно колебање падавина износи свега 5,2% што овај простор сврстава у области релативно уједначеног падавинског режима. Сума падавина је већа у љетном периоду када износи 415,2 mm док у зимском периоду износи 335,4 mm. Релативно колебање падавина у Тузли (1997-2019) износи 6,3% са већом сумом падавина у топлијем дијелу године (537 mm), у односу на хладнији период (386 mm). Релативно годишње колебање падавина у Лозници износи 5,9%, а кишни период је израженији током топлијег дијела године када износи 483 mm, у односу на зиму када сума падавина износи 397,1 mm. Према наведеним вриједностима, клима Семберије (МС Бијељина), Тузле и Лознице је под преовлађујућим утицајем континенталног плувиометријског режима, са израженијим падавинама у љетном периоду. Температурни режими у Бијељини и Тузли (Слика 13) указују на сличност, изузев просјечно виших температура ваздуха током августа и септембра у Тузли. Насупрот томе, јулска температура ваздуха у Бијељини је просјечно већа за 2°C у односу на Тузлу.



Слика 13. Хистограм годишњег тока температуре ваздуха и сума падавина у периоду 1997-2019 у а) Бијељини; б) Тузли

9.3.4. Облачност

Овај климатски елемент сматра се изузетно важним будући да има улогу модификатора осталих климатских одлика. Тако од облачности зависи интензитет осунчаности и израчивање топлоте са земљине површине. На овај начин, већа облачност посредно дјелује на интензитет загријавања и смањење температурног колебања током дана. При ведром времену, ефекат је супротан. Да би се адекватно анализирао облачност, потребно је средње мјесечне вриједности облачности приказати процентуално у односу на просјечну годишњу облачност. Овај показатељ назива се нефички коефицијент и представљен је изразом (Вујевић, 1956, стр. 99):

$$q = 100 \cdot \frac{b}{B} \quad (9)$$

у којем је: b – средња мјесечна облачност; B – средња годишња облачност. Нефички ексцес или релативна облачност, представља релативну разлику појединачних мјесеци према годишњој вриједности B , а рачуна се по обрасцу:

$$e = q - 100 \quad (10)$$

У Табели 15. приказане су вриједности средње мјесечне облачности и средња годишња облачност на простору Семберије (МС Бијељина), приказане у десетинама. Просјечна годишња облачност у Семберији износи 6,0 десетина, при чему је најведрији мјесец август, док је највећа просјечна облачност у децембру, када износи 7,8 десетина. Мања облачност доприноси већем интензитету

загријавања током вегетативне сезоне, а посредно поспјешује одвијање процеса фотосинтезе и дисимилације биљака. Несметано зрачење и загријавање подлоге уз обезбјеђивање осталих услова попут оптималне влажности, подстиче продукцију биомасе.

Табела 15. Облачност, нефички коефицијент (q) и нефички ексцес (e) у периоду 1997-2021 у Бијељини (RHMZ Вања Лука, 2022) и Тузли (FHMZ, 2013-2022)

| облачност | Бијељина (1/10) | нефички коефицијент (q) | нефички ексцес (e) | Тузла (1/10) | нефички коефицијент (q) | нефички ексцес (e) |
|-----------|--------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------------------------|------------------------------|
| I | 7,6 | 127,8 | 27,8 | 7,1 | 121,6 | 21,6 |
| II | 7 | 117,1 | 17,1 | 6,7 | 114,9 | 14,9 |
| III | 6,1 | 101,8 | 1,8 | 6,1 | 103,9 | 3,9 |
| IV | 6 | 100,7 | 0,7 | 5,9 | 100,9 | 0,9 |
| V | 5,8 | 97,5 | -2,5 | 6 | 103 | 3 |
| VI | 5 | 84,6 | -15,4 | 5,2 | 89,5 | -10,5 |
| VII | 4,3 | 72,7 | -27,3 | 4,3 | 74,5 | -25,5 |
| VIII | 3,9 | 65,7 | -34,3 | 4,1 | 69,8 | -30,2 |
| IX | 5,3 | 88,5 | -11,5 | 5,5 | 94 | -6 |
| X | 5,7 | 95,4 | -4,6 | 5,5 | 94,1 | -5,9 |
| XI | 7 | 117,7 | 17,7 | 6,7 | 114,7 | 14,7 |
| XII | 7,8 | 130,4 | 30,4 | 7,2 | 123,7 | 23,7 |
| прос. | 6 | 100 | 0 | 5,8 | 100 | 0 |

Према вриједностима нефичког коефицијента просјечна облачност је већа током хладнијег дијела године у односу на топлији период, а у периоду од октобра до марта средња мјесечна облачност већа је за просјечно 15% у односу на средњу годишњу вриједност. У љетном периоду године просјечна мјесечна облачност мања је за 15% у односу на средњу годишњу вриједност. На основу нефичког ексцеса уочава се да је у односу на годишњи просјек, највеће негативно одступање облачности током љетних мјесеци, од јуна до августа, док је највеће позитивно одступање током зиме. У децембру, облачност је 30% већа у односу на годишњи просјек, а у јануару 27,8%. У августу је облачност 34% мања у односу на годишњи просјек.

Подаци о облачности са МС Тузла у периоду од 1997. до 2021. дати су у осминама, па је ради поређења са вриједностима са МС Бијељина, извршена конверзија осмина у десетине. Просјечна годишња облачност у Тузли релативно је једнака средњој годишњој облачности у Бијељини, а износи 5,8 десетина. Мјесец

са најмањом облачношћу је август са просјечном вриједношћу 4,1 десетина, док је највећа просјечна облачност у децембру, а износи 7,2 десетине. Посматрајући сезонску облачност, просјечно највећа облачност је у зимском периоду када мјесечни просјек износи седам десетина, док је најмања просјечна облачност у љетном периоду и износи 4,6 десетина. Према нефичком коефицијенту у топлијем дијелу године, од априла до септембра, просјечна мјесечна вриједност коефицијента у Тузли износи 88,6%, према чему је у топлијем дијелу године облачност 11% мања у односу на годишњи просјек. У хладнијем дијелу године, од октобра до марта, просјечна мјесечна облачност износи 112,2%, и за 12% је виша у односу на годишњи просјек.

Посматрајући вриједности нефичког ексцеса за Тузлу, уочава се сличност са годишњим вриједностима облачности у Бијељини. Највеће позитивно одступање у односу на годишњи просјек у Тузли, забиљежено је децембру када је облачност била за једну четвртину већа у односу на годишњи просјек. У истом периоду облачност у Бијељини већа је за једну трећину у односу на годишњи просјек. Највеће негативно одступање у Тузли забиљежено је у августу, када је према вриједности нефичког ексцеса облачност била 30% мања у односу на годишњи просјек. Уочљива је релативна сличност годишњег тока облачности на МС Бијељина и МС Тузла.

9.3.5. Инсолација

Сунчева свјетлост и зрачење припада групи фактора значајних за одвијање физичких и хемијских процеса и појава у природи, односно детерминанта постојања живота на Земљи. Инсолација утиче непосредно на живе организме попут биљака, животиња и људи. Често се испољава као одлучујући фактор развоја и распрострањења појединих врста на Земљи. Свјетлосно зрачење сачињено је од свјетлосног спектра различитих таласних дужина, при чему се 99% Сунчевог зрачења налази у распону од 0,4 μm до 4 μm (Оторес, 1991). На видљиви дио спектра одлази 47% Сунчевог зрачења, на инфрацрвени 46%, док ултраљубичастом спектру припада само 7% Сунчевог зрачног снопа. Сваки од наведених дијелова таласног спектра има утицај на одвијање различитих процеса у природи. Количина Сунчеве свјетлости испољена кроз дужину трајања Сунчевог сјаја, представља

промјенљиву вриједност а зависна је од фактора: географске ширине мјеста, надморске висине, рељефних одлика и прозрачности атмосфере (облачности). У Табели 16. приказане су вриједности дужине трајања сунчевог сјаја (инсолација) у часовима, са МС Бијељина, МС Тузла и МС Лозница. Подаци за Бијељину доступни су само за период од 2013. до 2019. године, док су подаци за МС Тузла доступни за период 1998. до 2019. године.

Табела 16. Средња дужина трајања сунчевог сјаја у часовима на МС Бијељина (RHMZ Вања Лука, 2022) и МС Тузла (FHMZ, 2013-2022)

| Инсолација (h) | Бијељина | Тузла |
|----------------|----------|--------|
| I | 34,1 | 72,4 |
| II | 75,4 | 90 |
| III | 150,6 | 150,7 |
| IV | 187,9 | 238,4 |
| V | 240,7 | 217,6 |
| VI | 264,5 | 232,7 |
| VII | 312,7 | 265,6 |
| VIII | 268,3 | 262,7 |
| IX | 198,6 | 178,3 |
| X | 140 | 150 |
| XI | 77 | 94,9 |
| XII | 23,8 | 65,8 |
| Σ | 1973,6 | 2018,9 |

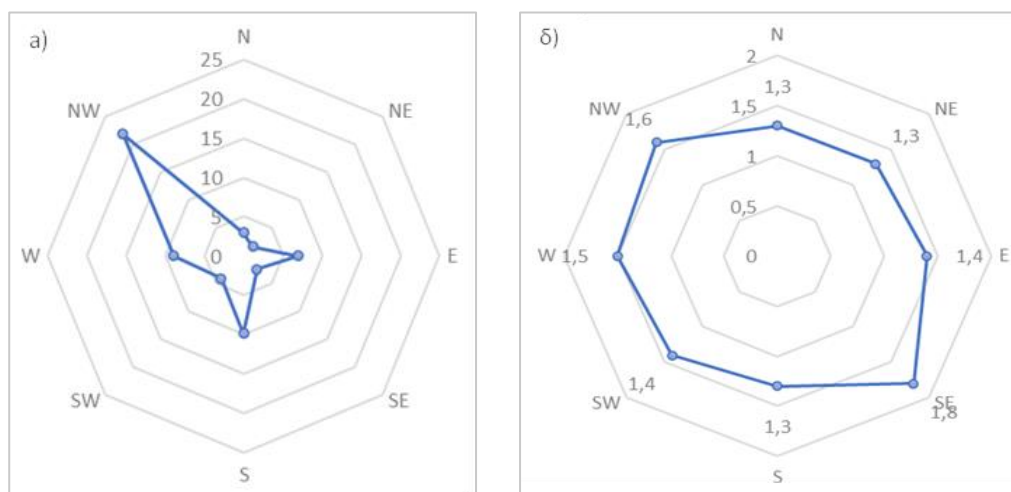
Према броју часова Сунчевог сјаја, средња годишња сума осунчаности у Бијељини износи 1973,6 часова. На годишњу суму часова трајања Сунчевог сјаја утиче облачност и географска ширина, па су на простору Семберије (Бијељина) најниже вриједности инсолације присутне у зимском периоду, нарочито у децембру када сума часова осунчавања износи 23,8. Највећа мјесечна осунчаност је током јула када сума часова осунчаности износи 312,7 или 16% годишње суме у Бијељини. Током три зимска мјесеца сума часова осунчавања износи 133 часа или 6,7% од укупне годишње суме часова осунчаности. Мјесечне суме часова осунчаности се повећавају од зиме према љету, а укупна сума сунчаних часова током три љетна мјесеца у Бијељини износи 845,5 часова или 43% годишње суме у Бијељини. Поредeћи период прољеће - јесен, у прољећном периоду просјечан број сунчаних часова износи 579 часова, што је за 163 часа више у односу на период јесени.

На МС Тузла средња годишња сума осунчаности износи 2018,9 часова. Навише сунчаних сати је у љетном периоду, од јуна до августа, са сумом од 761 час, или 38% укупне суме сунчаних часова у Тузли. Најсунчанији мјесец је јули са 265,6 часова осунчаности. Најмање сунчаних часова је у зимском периоду, што је у сагласности са краћим трајањем дана на овим географским ширинама и са већом облачношћу током зиме, на овом простору. Укупна сума сунчаних часова током зиме износи 228 часова. Најмање сунчаних часова има децембар, са 65,8 часова. У прољећном периоду је свега 6% мање часова осунчаности у односу на љето. МС Бијељина и МС Тузла одликују се сличним режимом осунчавања током године, са мањим разликама током мјесеца јула када је просјечна осунчаност већа на простору Бијељине. У Тузли је просјечна осунчаност релативно већа у односу на Бијељину, у периоду од јануара до априла, што се може објаснити и мањом средњом облачношћу у Тузли током овог дијела године.

9.3.6. Вјетар

Овај климатски елемент представља важну компоненту климе неког поднебља, а остварује вишеструке утицаје на живе организме, нарочито биљке. Вјетрови омогућавају провјетравање ваздуха око биљака, штите од стварања температурне инверзије и мразева, омогућавају преношење полена и развијавање сјемена. Вјетрови већег интензитета могу имати негативно дејство на екосистем у цјелини, будући да могу изазвати ломљење биљака или стабала дрвећа, исушивање вегетације, дефлацију земљишта и сл. Посредно, вјетрови остварују утицај на форму и организацију антропогених елемената у простору попут размјештаја и уређења зелених површина у складу са условима провјетравања, градња је прилагођена условима вјетровитости, јавља се мања или већа потреба за агротехничким мјерама заштите усјева и сл. Због утицаја на остале елементе животне средине потребно је сагледати неколико аспеката вјетра: правац и брзину вјетра, као и частину јављања вјетрова одређеног правца на датом простору. Анализа вјетра и његових специфичних својстава, нарочито је значајна за пољопривредне рејоне попут Семберије, јер доприноси идентификацији могућих утицаја овог климатског фактора на земљиште и пољопривредне културе.

Подаци о честини и јачини вјетра са МС Бијељина доступни су за период 1980-1988 (SHMZ, 1961-1990) и приказани на Слици 14. Новији подаци односе се на честине и брзине вјетра на мјесечном нивоу, током двадесетдвогодишњег периода, од 2000. до 2021. године (RHMZ Вања Лука, 2022). На основу података за МС Бијељина, приказана је ружа вјетрова са честинама вјетрова различитог правца, израженим у процентима. На простору Семберије (МС Бијељина) доминирају вјетрови из правца сјеверозапада, који се јављају у 21,9% мјерења. Поред сјеверозападног, већу учесталост јављања у овом периоду имали су вјетрови из правца југа 9,9%, затим вјетрови из правца запада 9,0% и источни вјетар 6,9 %. Вјетрови поменутих праваца јављали су се укупно у 47,7% мјерења. Тишине, периоди без израженог вјетра, јављају се у 41,3% забиљежених мјерења у датом периоду.

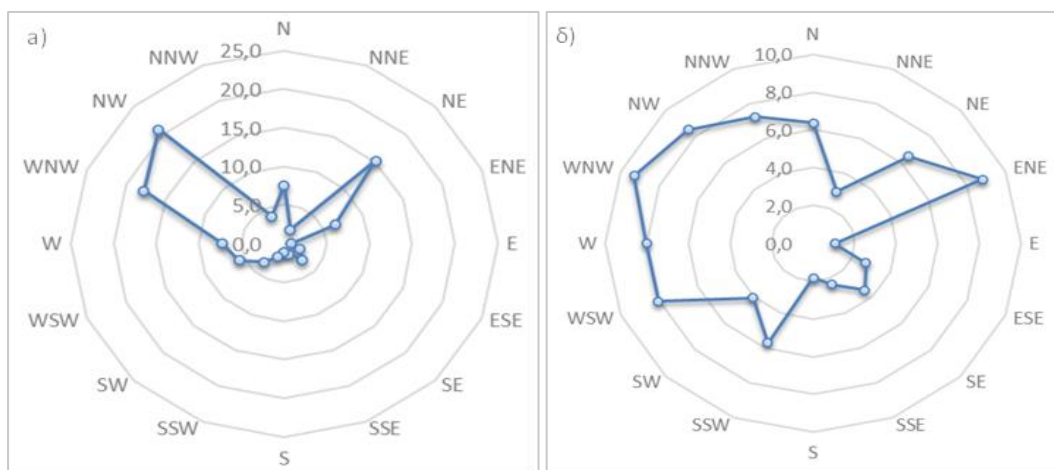


Слика 14. а) Честина вјетра у % и б) Брзина вјетра у m/s у Бијељини (1980-1988)

На основу преовлађујућих вјетрова на мјесечном нивоу, за период од 2000. до 2021. израчуната је средња учесталост праваца вјетра. Слика 15а. указује на доминацију вјетрова сјеверозападног правца који се јављају код 20,8% мјесечних вриједности у периоду 2000-2021. Поред сјеверозападног вјетра, на простору Семберије доминантни су вјетрови западног-сјеверозападног правца који су забиљежени просјечно код 17,8% мјесечних вриједности и вјетрови сјевероисточног правца са 15,2% забиљежених мјесечних мјерења. Од осталих

праваца, источни вјетар доминантан је током 7,6% мјесеци, док је западни вјетар био доминантан у 7,2% случајева или 19 мјесечних вриједности.

Поредећи вјетрове различитих праваца према јачини (Слика 15б), највећу јачину достижу вјетрови из правца југоистока са брзином од 1,8 m/s, а затим и сјеверозападни вјетар са брзином од 1,6 m/s. Средња брзина западног вјетра је 1,5 m/s, док се средња брзина вјетрова из осталих праваца креће између 1,3 и 1,4 m/s. Обзиром на већу прецизност руже вјетрова за 16 доминантних праваца и потребу за новијим подацима са МС Бијељина, на Слици 15. приказани су подаци за период 2000-2021.

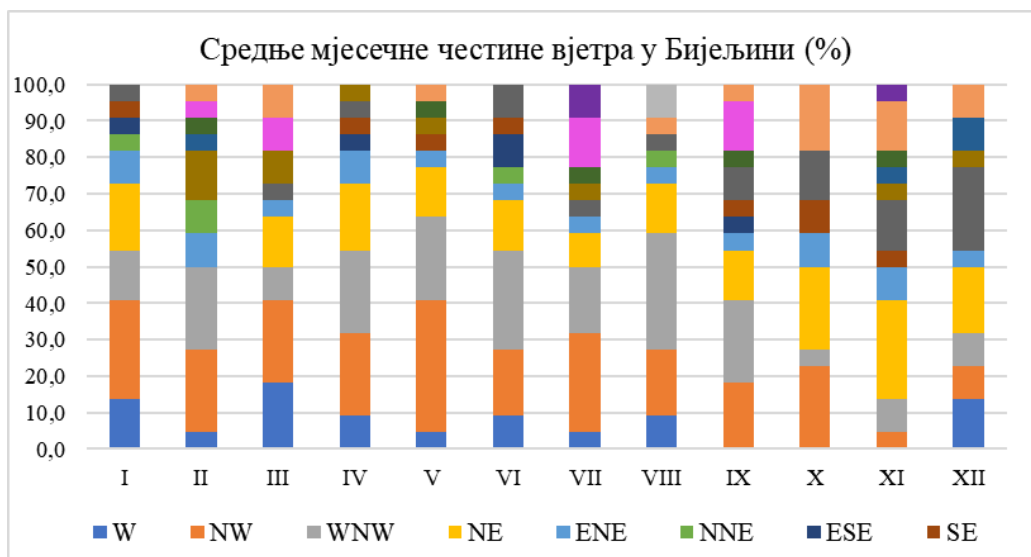


Слика 15. а) Честина вјетра у % и б) Брзина вјетра у m/s у Бијељини (2000–2021)

Овакви услови вјетра могу се довести у везу са морфогенезом рељефа и географским положајем Семберије у односу на макрорељефне цјелине. Нагнутост рељефа у правцу ријечних долина, Саве и Дрине, утицала је на отвореност овог простора у правцу сјевер, сјевероистока и Панонске низије. На супротној страни, југозападним ободом истраживаног простора простире се планина Мајевица као дио Унутрашњих Динарида, која лучно затвара простор у дужини од 60 km. На овај начин омогућава се несметано струјање вјетрова сјеверног, сјевероисточног, сјеверозападног и западног-сјеверозападног правца. Управо су ово вјетрови највећег интензитета и честине јављања. Својом висином и положајем, мајевички хорст са осталим планинама динарског низа, представљају баријеру за динамичнија кретања ваздушних маса из правца југа, југозапада, истока и југа-југоистока. Ови вјетрови ријетко се јављају на простору Семберије и имају најмањи интензитет. Највећу просјечну брзину у Семберији достигао је вјетар западног-сјеверозападног

правца 9,1 m/s (Слика 15б), а затим источни-сјевероисточни вјетар са брзином од 8,8 m/s. Сјеверозападни вјетар је достигао брзину од 8,5 m/s, а релативно високог интензитета били су западни-југозападни вјетар брзине 8,1 m/s и западни вјетар брзине 8,0 m/s.

Посматрањем учесталости вјетрова на мјесечном нивоу (Слика 16) уочава се релативно равномјерна заступљеност вјетрова сјеверозападног и сјевероисточног правца током цијеле године. Сјеверозападни вјетар најизраженији је током прољећа, а током маја се јавља као доминантан у 36,4% случајева. Сјевероисточни вјетар јављао се током цијеле године, изузев у фебруару. Најизраженији је током новембра када се јављао у 27,3% случајева. Вјетар западног-сјеверозападног правца релативно уједначено је заступљен током свих дванаест мјесеци, нарочито у периоду од априла до септембра. Као доминантан правац вјетра, са 31,8% случајева, јављао се током августа. Западни-сјеверозападни и сјеверозападни вјетар јављали су се као доминантни током фебруара и у периоду од априла до октобра. Вјетар сјевероисточног правца јавља се током цијеле године, а нарочито током хладнијег дијела године, у октобру и новембру, када се јавља у 22,7%, односно 27,3% случајева.



Слика 16. Средње мјесечне честине вјетра(%) у Бијељини (2000–2021)

9.4. ХИДРОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И ВОДНИ РЕСУРСИ

Воде уз тло, климу и вегетацију, представљају четврту компоненту животне средине, у групи егзистенцијалних компоненти неопходних за опстанак живота на

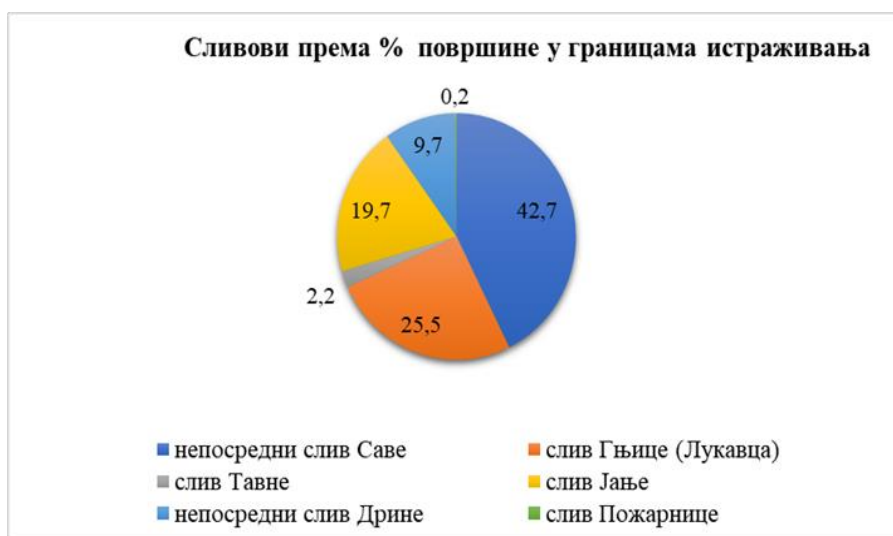
Земљи. Најважнији аспект коришћења воде обухвата одвијање основних животних функција. За човјека је то употреба воде за пиће, али се у великим количинама овај ресурс користи за производњу хране, енергије, индустрије, чишћење и одржавање, саобраћаја и рекреације. Предуслов валоризације водних ресурса је њихова идентификација и истраживање општих својстава, физичких, хемијских, биохемијских. Функционисање система насеља и привредне активности условљено је водним ресурсом, како његовим квалитативним и квантитативним својствима, тако и просторним респростраћењем и доступношћу.

Велики значај који вода има за човјека, доприноси ургентној потреби за одговорним приступом у њеном коришћењу и заштити. Потребно је идентификовати водне ресурсе, идентификовати потенцијал хидролошких ресурса за различите начине коришћења, утврдити квалитет, интеракцију и међусобну условљеност ове компоненте утицајима осталих елемената животне средине, ради ефикасније заштите вода. Ради успјешније заштите од вода и спречавања ризика по становништво, материјална и нематеријална добра, јавља се потреба за познавањем законитости хидролошког циклуса и водног биланса, познавањем плувиометријског режима и климатских специфичности. У раду је дата анализа хидролошких карактеристика, којом су обухваћене површинске и подземне воде Семберије. Посебно су идентификована и размотрена вјештачка водна тијела и хидротехничка инфраструктура од значаја за ефикасно управљање водама на простору Семберије.

Указано је на значај и могућност коришћења термалних вода Семберије за потребе туризма и рекреације. Ефикасност валоризације водног потенцијала, иницијално је условљена егзактном инвентаризацијом и сагледавањем општих својстава хидролошких ресурса и водне инфраструктуре на простору Семберије. Кроз овај поступак потребно је допринијети препознавању значаја вода, у циљу успјешнијег управљања и заштите.

9.4.1. Површинске воде

Воде Семберије припадају црноморском сливу. Шири простор Семберије условно је подијељен на неколико хидрографских система (ПРИЛОГ 8) који припадају сливу ријеке Саве. Воде Семберије одводњавају се према главним водотоцима: Лукавцу (Гњици), Пожарници, Јањи (Модрану), Тавној, непосредно Дрини и непосредно, према ријечном току Саве. Хидрографску мрежу чини шест ријечних сливова. Највећу површину заузима непосредни слив Саве (Слика 17) коме припада 42,8% територије Семберије. Сливу Лукавца (Гњице) припада 25,5% територије, сливу Јање 19,7% док непосредном сливу Дрине припада 9,7% територије. Слив ријеке Тавне заузима 2,2% истраживане територије. Најмању површину, 0,2% територије, заузима сливно подручје Пожарнице, будући да се слив ове ријеке већински налази изван простора истраживања.



Слика 17. Сливи према површини заступљености на територији Семберије

9.4.1.1. Непосредни слив Саве

Непосредном сливу Саве припада 513,9 km² површине истраживане територије. Скупа са субсливом Лукавца (Гњице), непосредном сливу Саве припада 820 km² површине истраживаног простора, односно 68,3% територије. Ово подручје одликује се знатном густином ријечне мреже, са великим бројем периодичних водотока који су често међусобно повезани вјештачким каналима. Најзначајнији водотоци су ријеке Дашница и Ступањ.

9.4.1.2. Ријека Дашница

Дашница настаје сутоком дашничких потока: Прве Дашнице, Друге Дашнице, Жировите и Загонске Дашнице, Станишића потока, Врапчевог и Ристановића потока. Воде Дашнице се на територији бијељинског насеља Пуциле, одводњавају „Мајевичким ободним каналом“ и каналом Дашнице у правцу сјевера према ријеци Сави. Канал Дашнице наставља се рубним дијелом насеља Пуциле према Новом Насељу, гдје прима воде канала Глоговац. Између овог канала и ријечног слива ријеке Јање, у насељу Модран извире рјечица Јањица. Ријека тече у правцу сјевера, а од насеља Којчиновац корито је регулисано каналом са насипом висине два метра. Канал Јањице се спаја са каналом Глоговац на територији насеља Љесковац. Мајевички канал одводњава бројне мање водотоке и потоке са простора Семберије: Новаковића поток, ријеку Бријесницу, ријеку Буковицу, Црвени поток. Каналом „Бријеснице“ и каналом „Прокоп“ остварује се попречна веза између „Мајевичког ободног канала“ и канала „Дашнице“.



Слика 18. Канал Дашнице (Бијељина)



Слика 19. Мултифункционална зона Дашница

Главни ободни канал са насипом висине до три метра, прима воде канала Дашнице на територији насеља Велика Обарска. Главни ободни канал простире се средишњим дијелом насеља Горње Црњелово. На овом мјесту прима воде Мајевичког ободног канала и одводњава се у ријеку Саву, на сјеверној граници насеља. Други крак канала Дашница простире се рубним дијелом насеља Велика Обарска према сјеверу. Каналима Брдник и Синовача извршено је повезивање Главног ободног канала са другим, сјеверним краком канала Дашнице. Преко

Семберије је успостављена мрежа објеката хидротехничке инфраструктуре од значаја за регулацију водотока и хидромелиорацију. Каналским системима повезани су повремени и стални водотоци Семберије и омогућено ефикасније коришћење и заштита пољопривредног земљишта и насеља од високих вода. Мрежа канала рађена је 70-их година XX вијека. Бројни канали су у ратном и постратном периоду били запуштени, па се у новијем периоду, у протеклих десетак година, приступило њиховој санацији, чишћењу, ширењу и уређењу простора око самих канала. Данас, систем канала у Семберији има вишеструку функцију, осим заштите пољопривредног земљишта и улоге наводњавања, њихове функције су проширене увођењем рекреативних садржаја, постављањем зелених површина и естетским уређењем у најурбанијим дијеловима система.

9.4.1.3. Ступањ

Ступањ је периодични водоток који настаје на територији насеља Горња Чађавица. Одатле водоток тече у правцу сјевероистока. У насељу Средњи Драгаљевац, воде Ступња спајају се са периодичним водотоком, Гумачком ријеком, а протичући даље према спојници са Главним ободним каналом, примају воде бројних повремених водотока, међу којима су највећи Ријека и Велика. На граници између насеља Нови и Горње Црњелово, воде Ступња одводњавају се у Главни ободни канал. „Ријека“ је повремени водоток који настаје спајањем потока на територији насеља Средња Чађавица, у Бијељини. Најудаљенија притока јој је Петковљански поток који настаје на територији општине Угљевик, на 210 m надморске висине. Цијелом дужином тока, прима бројне периодичне водотоке и потоке, настављајући ток у правцу сјевера. На граници између насеља Доњи Драгаљевац и Градац-Ступањ, спаја се са водама Ступња. Ријека Велика, је периодични водоток који настаје на територији бијељинског насеља Горњи Драгаљевац и тече у правцу сјевера. Улива се у Ступањ у Доњем Драгаљевцу.

9.4.1.4. Ријека Лукавац (Гњица)

Овај водотоког извире на обронцима Мајевице, у непосредној близини превоја Површница, на 507 m надморске висине. Од изворишта до општине Челић (ФБиХ) носи назив Гњица. Извориште се налази између мајевичких врхова,

Међедник (842 m) и Бусија (845 m). Ријека тече сјеверним падинама Мајевице у правцу сјевероистока до лопарске котлине одакле тече праволинијски, у правцу сјевера. На сјеверозападу водоток прелази на територију општине Челић (ФБиХ) гдје се спаја са Челићком ријеком и ријеком Шибошницом. У наставку тока, ријека поново прелази територију Републике Српске, одакле носи назив Лукавац и протиче сјеверним дијеловима општине Лопаре и сјеверозападним дијелом територије Града Бијељина. Са поновним уласком на територију општине Лопаре и даље према ушћу у Саву, водоток има одлике равничарске ријеке са често израженим меандрирањем, нарочито на територији насеља Мртвица и Бобетино брдо у Лопарама и насељима Доња Буковица, Доњи Магнојевић, Доњи Драгаљевац, Вршани и Нови, на територији Бијељине. Улива се у ријеку Саву у Бијељини, у пограничном дијелу између насеља Вршани и насеља Нови, на 77 m надморске висине. Тече у дужини од 61 km.

У касно прољеће честа су плављења Лукавца у равничарском дијелу тока. Укупна површина слива износи 461,7 km², док се унутар простора истраживања налази 307 km² или 66,5% слива. Својим положајем заузима југозападне, западне и сјеверозападне дијелове хидрографске мреже истраживаног простора. Ријечном систему Лукавца припада и мања рјечица Лукавац која извире на територији општине Челић, односно мјеста Гајеви на око 200 m надморске висине. Лукавац је мањи водоток који тече сјеверним дијелом општине Лопаре. Протиче кроз насеља Кореташи и Мртвица у Лопарама, а потом прелази на територију Бијељине, односно насеља Пиперци, Главичорак и Доња Буковица, гдје носи назив Црни Лукавац. Водоток се простире сјеверно, задржавајући паралелан правац тока у односу на главни ток Лукавца (Гњице). У ријеку Лукавац се улива у пограничном дијелу између насеља Главичорак и Доња Буковица, на територији Града Бијељине.

Трећи водоток који је дио ријечног система Лукавца (Гњице) је мањи водоток Гњица, који настаје спајањем Бијеле ријеке и Пушковачке ријеке у насељу Бобетино брдо, на територији општине Лопаре. Тече у правцу сјевероистока, сјеверним дијелом општине Угљевик, насеља Коренита, након чега ток протиче територијом Града Бијељине. Ријека Гњица се одликује равничарским током са бројним меандрима. Меандрирање је изражено цијелом дужином водотока а нарочито на територији насеља Горња Буковица, Средњи и Доњи Магнојевић,

Доњи и Горњи Драгаљевац, Вршани и Нови. Гњица се улива у главни водоток Лукавац на граници између територије насеља Вршани и Нови.

9.4.1.5. Ријека Пожарница

Извориште ријеке Пожарнице налази се на југозападу, у пограничном дијелу територије општине Лопаре према територији Града Тузле. Слив Пожарнице заузима површину од 2,5 km² или 0,2% територије истраживања. Ријека Пожарница настаје спајањем ријека Ковачице, Цвиљевине и Јасинског потока на територији Града Тузле. Извориште Ковачице налази се на јужним падинама Мајевице, на територији насеља Коњиковићи у општини Лопаре (РС). Настаје спајањем мањих повремених и сталних водотока на простору између Османовог брда и мајевичких врхова Шушњари (564 m) и Магарчевина (504 m). Планина Мајевица је хидрографско чвориште, а са овог простора се воде одводњавају према ријечном сливу Дрине, сливу Гњице (Лукавца) и сливу Спрече (слив Босне).

9.4.1.6. Непосредни слив Дрине

Семберија је настала на алувијалној равни ријеке Дрине, а која протиче њеним источним и југоисточним дијелом. Дрина настаје спајањем ријека Таре и Пиве, на граници између Босне и Херцеговине и Црне Горе, на 445 m надморске висине. Ријека тече у правцу сјевера у дужини од 346 km, а улива се у Саву сјеверно од насеља Балатун у Бијелини, на надморској висини 75 m. На самом ушћу чини гранични водоток према општинама Сремска Митровица и Богатић, у Републици Србији. Слив Дрине заузима површину од 19226 km², а простире се на територијама три државе: Босне и Херцеговине, Републике Србије и Црне Горе. На територији Босне и Херцеговине налази се 7228 km², односно 37,6% укупне површине слива Дрине. У оквиру граница истраживаног простора, сливу Дрине припада 378,8 km². Од тога, непосредном сливу ријеке Дрине припада 116,5 km², док сливу ријеке Тавне припада 26 km² и сливу Јање, 236,3 km². У односу на укупну површину истраживања, према Дрини се одводњава 31,5% територије. Дрина је вишеструко значајна за простор Семберије. Овај водоток утицао је на обликовање рељефа и специфичних типова тла на простору Семберије. Дјелујући као значајан модификатор осталих природних услова, ток Дрине утицао је на услове

насељавања и доминантне привредне активности овог простора. На простору Семберије, привредне активности везане за овај водоток су интензивна пољопривредна производња, развој авантуристичког туризма на води, као и експлоатација шљунка за потребе грађевинске индустрије. Најзначајнији водотоци непосредног слива Дрине, од југа према сјеверу су ријека Брезовица, Мртва Дрина, Дриница и Старача.

9.4.1.7. Ријека Јања (Модран)

Јања извире на југозападу, на територији општине Калесија на 670 m надморске висине, између мајевичких врхова Бањ брдо (700 m) и коте Коњиц (903 m). Протиче у непосредној близини превоја Бањ брдо на око 600 m надморске висине и представља природну пробојницу, којом се остварује веза између тузланског басена и Посавине. Јања већим дијелом свог тока протиче кроз општину Угљевик. Тече у правцу сјевера, све до насеља Малешевци и Забрђе, а потом лактастим скретањем, водоток мијења правац и тече према истоку и угљевичком басену. Свој ток наставља као равничарска ријека, кроз насеља Равно поље (Угљевик), Сухо поље и Модран (Бијељина), према ушћу у ријеку Дрину.

Јања се улива у Дрину у насељу Јања на територији града Бијељина, на надморској висини од 98 m. Укупна дужина главног тока ријеке износи 66,7 km. На основу калкулације коришћењем пакета за хидролошку анализу, слив Јање обухвата површину од 300 km². У границама истраживаног простора налази се 236,3 km² или 78,8% површине слива. Укупно 64 km² територије слива Јање налази се изван граница истраживања, на територији општина Сапна и Теочак (ФБиХ).

9.4.1.8. Ријека Тавна

Извире на територији општине Сапна (ФБиХ) у насељу Растошница на око 540 m надморске висине. Извор Тавне назива се Краљева вода, а налази се у подножју мајевичког врха Висока глава (665 m). Ријека Тавна тече у правцу сјевера преко територија општина Сапна и Теочак. На територију Угљевика улази у насељу Турсуново брдо. Проласком између Малог (423 m) и Великог гребена (499 m), на територији насеља Глиње, на 254 m надморске висине спаја се са водама Гребенског потока. На овом мјесту ријека прави лактасто скретање и ток наставља у правцу истока, према ушћу. Улива се у ријеку Дрину на 115 m надморске висине.

Укупна површина слива Тавне износи 48,1 km², а 54,1% површине слива се налази у Републици Српској, на територији општине Угљевик и Града Бијељина. Ријека Тавна нарочито је значајна за становнике општине Угљевик. У долини Тавне налазе се бројне природне вриједности, попут високих одсјека који се окомито дижу изнад долине Тавне, Новакове пећине, водопада Бањица, пећине Шупља стијена и др. На овом простору се налази и заштићени културно-историјски споменик Манастир Тавна, као и споменик и родно мјесто Филипа Вишњића, српског гуслара и аутора бројних народних пјесама.

9.4.2. Морфометријске карактеристике сливова Семберије

Истраживање карактера ерозивности и плавности неког простора заснива се на анализи морфометријских одлика сливног подручја, чиме се омогућава идентификација специфичних фактора утицаја на развој и појаву ових процеса у сливу. Анализом су обухваћени: 1) хидрографска мрежа и 2) вегетациони покривач у сливу. У претходним поглављима идентификовани су и други значајни фактори ерозивности и плавности подручја: геолошки и климатски услови. Ови фактори посматраће се холистички, у међусобној интеракцији, са циљем идентификације ерозивности у Семберији. За потребе идентификације ових фактора коришћени су показатељи: дужина развођа, густина хидрографске мреже, површина слива, коефицијент облика слива, просјечна ширина слива, коефицијент асиметрије слива, коефицијент пошумљености и хипсометријске одлике рељефа у сливовима. Морфометријске карактеристике водотока анализирани су на основу висинских ката, дата је дужина главних водотока, укупан пад ријечног корита, просјечан пад, коефицијент развијености и коефицијент кривудавости тока.

Густина хидрографске мреже може се рачунати према неколико образаца. Према Нојмановом обрасцу густина рјечне мреже добија се подјелом укупне дужине водотока на некој територији, са површином дате територије (слива) (Dukić, 1962, стр. 37):

$$D = \frac{\sum L}{F} \quad (11)$$

при чему је: D – густина хидрографске мреже у km/km², $\sum L$ – укупна дужина свих водотока на неком простору, F – укупна површина дате територије. Своју формулу

за прорачун густине хидрографске мреже дао је и Аполов према ком се ова јединица добија рачунањем количника површине територије (слива) и укупне дужине свих водотока. Ова вриједност изражава се у km и представља показатељ просјечне дужине пута који падавине прелазе до сталних водотока. Густина ријечне мреже, односно просјечна дужина пута падавина у сливу, према Аполову:

$$D_A = \frac{F}{\sum L} \quad (12)$$

гдје је F – површина слива у km², а $\sum L$ укупна дужина свих водотока у km.

Често се као показатељи хидролошких услова неког простора користе морфометријске одлике линије развођа на датом простору. Важним показатељима сматрају се индикатори: дужина развођа (S) и коефицијент развитка развођа (m). Традиционални метод мјерења дужине развођа заснива се на коришћењу курвиметара којима су мјерене дужине кривих на штампаним картама. Данас је мјерење ових вриједности знатно поједностављено а заснива се на мјерењима дужине линијских векторских података адекватне размјере, коришћењем географских информационих система.

Коефицијент развитка развођа (m) представља индикатор режима отицања вода у сливу. Нарочито велики значај има за утврђивање брзине дотицаја воде, чиме се одређују особине плавности у сливу. Минимална вриједност овог коефицијента износи 1, чиме се упућује на изразито буран процес отицања воде и отапања снијега у сливу, а облик развођа поприма облик сличан кругу. Добија се према обрасцу:

$$K_m = \frac{S}{s} \quad (13)$$

гдје је S – дужина развођа, s – обим круга чија би површина била једнака површини рјечног слива. Поред густине хидрографске мреже и одлика развођа, показатељи хидролошких услова су **морфометријске карактеристике слива** и водотока на датом простору. Својства слива испитују се анализом површине слива (F), коефицијентом облика слива (A), просјечном ширином слива (B), коефицијентом асиметрије слива (K_a), коефицијентом пошумљености слива (K_s). Површина слива се мјери картографски, што је нарочито олакшано примјеном географских информационих система. Коефицијент облика слива се рачуна према обрасцу (Gavrilović, 1972):

$$A = \frac{S}{L(\pi + 2)} = 0,195 \cdot \frac{S}{L} \quad (14)$$

гдје је S – дужина развођа у km, L – дужина слива по матици главног тока. Овај показатељ сматра се значајним индикатором појаве великих вода. Издужене сливове карактеришу мале разлике између ниских и високих вода, при чему до појаве високих вода долази постепено, за разлику од сливова који се обликом приближавају изгледу круга. Код ових сливова разлике између високих и ниских вода су изразите, а до пораста високих вода долази нагло. Просјечна ширина слива (B) добија се према обрасцу (Dukić, 1962, стр. 44-51):

$$B = \frac{F}{L} \quad (15)$$

У овом обрасцу F означава површину слива у km^2 , а L означава дужину ријеке у km. Према Дукићу (Dukić, 1962) овај индикатор такође има велики хидролошки значај. Већа вриједност показатеља упућује да ће при једнаким осталим условима, до појаве високих вода доћи постепено, уз дуже трајање појаве и са малим разликама између високих и ниских вода.

Коефицијент асиметрије слива K_a , користи се за проучавање настанка великих вода у датом сливу, насталих као резултат падавина и топљења снијега на лијевој или десној страни слива. Нарочито се сматра важним показатељем код великих ријека, код којих постоје значајне разлике у физичко-географским условима са лијеве и десне стране слива. Коефицијент асиметрије се рачуна тако што се страна са већом површином подјели мањом површином. За рачунање ове величине користи се образац:

$$K_a = \frac{F_l}{F_d} \quad (16)$$

или

$$K_a = \frac{F_d}{F_l} \quad (17)$$

при чему је F_l – површина слива са лијеве стране у односу на водоток, F_d – површина са десне стране у односу на водоток. Вриједности коефицијента асиметрије веће од 1 указују на могућност нагле концентрације отицања поплавних вода усљед прекомјерног излучивања кише или отапања снијега. Коефицијент пошумљености (K_s) означава површину под шумама у сливу. Већа вриједност

коэффициента упућује на уједначено отицање падавина у ријечни систем, односно мање колебање водостаја. Рачуна се према једначини:

$$K_g = \frac{F_g}{F} \quad (18)$$

F_g – површина под шумом у сливу у km^2 , F – површина слива у km^2 .

Морфометријске карактеристике водотока токова представљене су показатељима укупног и просјечног пада ријечног тока, коэффициентом развијености тока и коэффициентом кривуданости. Укупан пад (J) представља разлику између коте изворишта (h_1) и коте ушћа (h_2).

$$J = h_1 - h_2 \quad (19)$$

Просјечан пад J_{sr} представља количник укупног пада и дужине ријеке. Изражава се у јединицама m/km или у $\%$. Рачуна се према:

$$J_{sr} = \frac{J}{L} \quad (20)$$

гдје је J – укупан пад ријечног тока, а L – стварна дужина ријечног тока. Коэффициент развијености тока (K_r) представља однос између стварне дужине ријеке (L) и најмање могуће дужине истог водотока (праволинијско повезивање коте изворишта и коте ушћа). Рачуна се на основу обрасца (Рајчевић & Црногорац, 2017, стр. 79):

$$K_r = \frac{L}{L_{min}} \quad (21)$$

при чему је L - стварна дужина водотока, а L_{min} најмања могућа дужина водотока. Коэффициент кривуданости (K_v) је релативно слична величина претходном показатељу, а добија се дијелењем стварне дужине главног тока (L) и дужине слива (најудаљеније тачке на вододјелници). Добија се на основу:

$$K = \frac{L}{L_s} \quad (22)$$

гдје је L – дужина главног тока са свим кривинама у km , а L_s дужина праве линије која повезује најудаљеније тачке на вододјелници, изражена у km . Коришћењем ГИС алата за анализу сливова коришћењем ДМВ, израчунати су основни морфометријски показатељи сливова Семберије. За анализу топографских услова коришћен је ДМВ у резолуцији 25 m и топографске карте 1:25000, листови Бијељина (VGI, 1976-1977) и листови Тузла (VGI, 1975-1976). Подаци о просторном размјештају хидрографске мреже за простор истраживања, добијени су

упитом за приступ подацима из базе водног катастра у дигиталном, векторском формату (Воде Српске, 2022). Обзиром да ријечни сливови површином превазилазе просторне границе овог истраживања, за издвајање сливних подручја у цјелости, кориштен је пакет за хидролошку анализу компаније ЕСРИ (ESRI, 2011).

Морфометријске карактеристике сливова на простору Семберије израчунате су за сливова који се налазе унутар граница истраживаног простора у износу већем од 50% површине, а то су сливови Лукавца (Гњице), Јање (Модрана) и слив Тавне (Табела 17). Непосредни слив Саве у Семберији заузима 42,7% територије, што чини само 9,3% укупног слива ријеке Саве у Босни и Херцеговини. Непосредни слив Дрине заузима 9,7% територије Семберије, што чини 1,6% од укупног слива Дрине у Босни и Херцеговини. Слив Пожарнице, заузима 0,2% истраживане територије, односно 9,9% од укупне површине овог слива. Представља дио ширег сливног подручја ријеке Босне и већински се налази изван граница истраживања у овом раду. Највећи удио у територији истраживања има слив Лукаваца (Гњице), односно 66,5% територије слива Лукавца налази се у границама овог истраживања.

Табела 17. Морфометријске карактеристике сливова Семберије

| слив | | н.с. Сава | Лукавац | н.с. Дрина | Јања | Тавна | Пожарница |
|---------------------------------------|---|-----------|---------|------------|-------|-------|-----------|
| Р слива | (БиХ) | 5506 | 461,7 | 7240,0 | 300 | 49,1 | 27,6 |
| површина у границама истраживања | F km ² (у РС) | 513,9 | 307 | 116,5 | 236,3 | 26 | 2,5 |
| | F % (у РС) | 9,3 | 66,5 | 1,6 | 78,8 | 62,2 | 9,9 |
| | F _i % (територије истраживања) | 42,7 | 25,5 | 9,7 | 19,6 | 2,2 | 0,2 |
| | мин н.в. | 73,4 | 77,4 | 74,4 | 96,7 | 113 | 267,2 |
| | макс. н.в. | 228,4 | 834 | 271,1 | 892,7 | 663,3 | 837 |
| | ср. н.в | 103,3 | 275 | 121,2 | 320,7 | 368,3 | 442,1 |
| хипсометријске одлике слива у цјелини | ∑L km | 778,5 | 786,5 | 185,7 | 480,5 | 77,4 | 43,3 |
| | D km/ km ² | 1,5 | 1,7 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 |
| | D _A | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| | A | * | 0,4 | * | 0,3 | 0,3 | * |
| | B | * | 7,5 | * | 4,5 | 1,5 | * |
| | K _a | * | 1,9 | * | 1,7 | 1,2 | * |
| | K _s | 0,1 | 0,5 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,6 |

легенда: * без података

За потребе анализе хидролошких услова у Семберији, нарочито су важни параметри густине ријечне мреже, коефицијент облика слива, просјечна ширина слива, коефицијент асиметрије и коефицијент пошумљености. Анализом ових индикатора омогућава се сагледавање општих одлика и режима отицања вода у сливу и на тај начин обезбјеђују информације потребне за процјену потенцијалне плавности водотока. Укупна густина ријечне мреже, којом су обухваћени сви стални и периодични водотоци на простору Семберије износи $2,1 \text{ km/km}^2$ што, према категоризацији Гавриловића (Gavrilović, 1972), Семберију сврстава у просторе врло јаке густине хидрографске мреже ($D > 2 \text{ km/km}^2$). Тако нпр. густина хидрографске мреже у НП Козара (БиХ) износи 1 km/km^2 (Институт за грађевинарство - ИГ, 2013), густина хидрографске мреже на територији Шумадије износи $0,7 \text{ km/km}^2$ (Јовановић В. , 1982). Уколико се у обзир узму само стални водотоци, густина хидрографске мреже је знатно мања и за простор истраживања износи $0,7 \text{ km/km}^2$.

Густина хидрографске мреже у сливу Лукавца (Гњице) достиже највише вриједности, па према Нојмановом индикатору густине ријечне мреже (D), просјечна дужина водотока по km^2 износи $1,7 \text{ km}$, док сви остали сливови имају једнаку густину хидрографске мреже $1,6 \text{ km/km}^2$. Релативно одступање се уочава код непосредног слива Саве, гдје је усљед изградње система хидромелиорације и заштите обрадивих површина, просјечна густина ријечне мреже мања и износи $1,5 \text{ km/km}^2$. Густина ријечне мреже по Аполову D_A указује на просјечну дужину пута које падавине прелазе на путу до сталних водотока. Према овом индикатору најдужи пут прелазе падавине у непосредном сливу Саве, $0,7 \text{ km}$. Мања густина мреже и дужи пут отицања је резултат интеракције геоморфолошких услова (заравњен терен), представљених факторима слабог нагиба терена и антропогених интервенција у виду вјештачког каналисања водотока. Просјечна дужина пута у свим осталим сливовима Семберије износи $0,6 \text{ km}$ по km^2 .

Коефицијент облика слива (A) са коефицијентом ширине, асиметрије и пошумљености слива даје значајне индикаторе хидролошког режима и указује на интензитет и динамику отицања у сливу. Коефицијент облика слива има највећу вриједност за слив ријеке Лукавац (Гњица) и износи $0,4$ док за сливове Јање и Тавне вриједност коефицијента износи $0,3$. Коефицијент ближи вриједности 1 указује на

већу заокруженост слива, односно већу опасност од наглог надолажења високих вода. Према наведеном параметру већу потенцијалну опасност усљед специфичног облика слива има сливно подручје Лукавца (Гњице) са сливом лепезасто-издуженог облика и великим бројем рачвања у доњем дијелу слива. Ипак, усљед издужености у средњем и доњем дијелу тока, нагли дотицај воде се не може очекивати на свим хидролошким профилима. Највећа опасност изражена је у зони промјене пада ријечног корита на преласку из брдског у равничарски простор (насеља Челић, Миросавци, Корај, Мртвица).

Коефицијент ширине слива или просјечна ширина слива (B) указује на динамику настанка и дужину трајања високих вода у сливу. Најнижу вриједност коефицијента ширине има слив ријеке Тавне, а износи 1,5. Вриједности ближе коефицијенту 1 указују на нагло надолажење вода у сливу, при чему су разлике између ниских и високих вода изразите. Коефицијент ширине за ријеку Јању износи 4,5 а за ријеку Лукавац износи 6,9 што представља пуно повољније хидролошке услове у односу на слив Тавне. Коефицијент асиметрије слива (K_a) и коефицијент вијугавости тока у главном сливу (K_v) имају велики значај за одређивање услова плавности у сливу. Што су вриједности ових коефицијента више то су хидролошки услови неповољнији и већа вјероватноћа нагле концентracије вода у сливу.

Највећу вриједност коефицијента асиметрије има слив Лукавца (Гњице), коефицијент 1,9. Најнижа вриједност коефицијента K_a израчуната је за слив Тавне 1,2 док у сливу Јање K_a износи 1,7. Посматрањем просторне дистрибуције слива, уочава се да на сва три слива већу површину заузима десна страна слива. Разлог за овакве морфолошке услове у сливу налазимо у геоморфолошким одликама простора које одликује планински рељеф на западу и југозападу, са постепеним падом и издуженим падинама у правцу сјевероистока. Овакве геоморфолошке одлике сливова резултат су неотектонских процеса тоњења панонског басена и издизања хорста Мајевице, чиме су ријеке издужиле своје токове према сјевероистоку и истоку (у десно). Овакве одлике рељефа допринијеле су развоју ријечних долина и њихово усјецање у просторе некадашњих маринских, лакустријских и рецентних, ријечних тераса.

Приликом анализе хидрографских услова поред наведених морфометријских одлика, геолошке грађе сливних подручја, потребно је квантитативно исказати и

анализирати вегетацијски покривач. Квантитативни израз пошумљености слива је коефицијент пошумљености (K_g) који представља индикатор потенцијалних утицаја вегетације на хидролошки режим и динамику отицања. Израчунати коефицијент пошумљености слива има највише и једнаке вриједности у сливовима Тавне и Јање, у износу 0,6. Најмања пошумљеност је у непосредним сливовима Саве и Дрине, а износи 0,1 односно 0,2. Коефицијент пошумљености у сливу Лукавца износи 0,5. Према томе, коефицијент отицања и потенцијални услови за веће осцилације водостаја нарочито су неповољни у непосредним сливовима Саве и Дрине, а дјелимично и у сливу Лукавца. Ратарске и изграђене површине утицале су на разарање природног вегетационог покривача и смањење површина под шумом, чиме је отицање са ових сливних површина додатно поспјешено.

9.4.3. Морфометријске одлике ријечних токова

Семберија обухвата доње токове бројних водотока чије је извориште на простору Мајевице. Преласком из планинског у равничарски простор Семберије, мијења се форма ријечних долина, а водотоци добијају одлике равничарских токова. Овај простор карактерише успор тока воде, са често израженим меандрирањем ријека и задржавањем воде у барама и мртвајама. Такви услови погодовали су изградњи хидротехничке инфраструктуре на простору Града Бијељина, чиме је извршено каналисање и преусмјеравање водотока ради ефикаснијег коришћења и заштите од вода. У Табели 18. дате су вриједности општих морфометријских карактеристика главних водотока Семберије добијене коришћењем ГИС-а, на основу раније дефинисаних образаца. Из анализе су изостављене ријеке Дрина и Сава будући да имају велика сливна подручја која само мањим дијелом припадају Семберији. Анализа ријечних токова обухвата коте надморске висине изворишта, надморске висине ушћа, укупан и просјечан пад ријечног тока, коефицијент развијености и коефицијент кривуданости. Као и за анализу морфометријских одлика слива, за морфометријске анализе ријечних токова урађене су на основу ДМВ (European Environment Agency, 2016).

Табела 18. Морфометријске карактеристике водотока Семберије

| водоток | кота изворишта (почетак водотока) | кота ушћа | L | J | J _{sr} m/km | K _r | K _v |
|--------------------|--|--------------|-------|-----|-------------------------|----------------|----------------|
| Лукавац (Гњица) | 507 | 77 | 61,4 | 430 | 7,0 | 1,7 | 1,7 |
| Јања (Модран) | 670 | 98 | 66,7 | 572 | 8,6 | 1,9 | 1,8 |
| Тавна | 663 | 115 | 32,1 | 549 | 17,2 | 2,4 | 2,2 |
| Дрина | 470* | 74,4 | 113,0 | - | - | - | - |
| Сава | 833* | 68* | 38,8 | - | - | - | - |

легенда: * коте изван територије истраживања; - без прорачуна

Највишу коту изворишта међу посматраним водотоцима има ријека Јања која извире у сјевероисточном дијелу Мајевице на 670 m надморске висине, тече у дужини од 66,7 km. Ушће у ријеку Дрину, налази се на 98 m изнад нивоа мора. Укупан пад ријечног тока износи 572 m, односно просјечно 8,6 m/km. Коefицијент развијености тока ријеке Јање износи 1,9 а коefицијент кривудавости тока 1,8. Ове вриједности са удаљавањем од јединице, указују на израженије неповољне услове отицања и могућност нагле концентрације поплавних вода у сливу.

Ријека Тавна извире на 664 m надморске висине док се њено ушће у ријеку Дрину налази на надморској висини 115 m. Својим релативно кратким током, дужине 32 km, савладава укупан пад од 549 m, односно 17,2 m/km. Изразито високи коefицијенти развијености у износу 2,4 и коefицијент кривудавости тока у износу 2,2 указују на неповољне услове плавности, изражене кроз већу вјероватноћу наглог концентрисања поплавних вода изазваних кишом или отапањем снијега.



Слика 20. Ријека Тавна (31. 10. 2022)



Слика 21. Корито ријеке Домане (31. 10. 2022)

Ријека Лукавац настаје у средишњем дијелу мајевичког гребена на надморској висини од 507 m. Улива се у ријеку Саву на 77 m надморске висине. Савладава укупан пад од 430 m, односно просјечно 7 m/km. Ријеке Лукавац, Тавна и Јања, имају неповољне прилике и значајне предиспозиције за наглу појаву високих вода у сливу, усљед високих вриједности коефицијената развијености и кривудавости тока. Вриједности K_r и K_v су за ријеку Лукавац су реалтивно ниже и износе 1,7 по оба индикатора.

9.4.4. Водни режими

Анализа хидролошких услова и потенцијалне плавности обухвата и проучавање ријечног режима на датом простору. Под ријечним режимом се подразумејева „комплекс појава које се односе на храђење водотока и промјене њихових стања” (Pardé, 1933 у Dukić, 1962, стр.71). Према Рајчевић и Црногорац (2017) ријечни режим обухвата водни режим, термички режим, режим наноса и хидрометријски режим. Одлике водног режима истражују се посредством истраживања квалитативних и квантитативних својстава вода, као и интеракцијским утицајима између вода, природе и антропогене средине. Важни квантитативни показатељи ријечног режима су водостај и протицај. Недоступност података из ранијег периода и непостојање јединствене базе о овим елементима ријечног режима знатно су отежали истраживање водостаја и протицаја на ријекама Семберије. Подаци о протицају са водомјерне станице Угљевик на ријеци Јањи, доступни су за године 1980, 1982, 1985 и 1986 (SHMZ, 1963-1990).

На ријеци Лукавац, у насељу Вршани, рађена су осматрања помоћу водомјерне летве, а доступни су само подаци о водостају за период 1961-1986 (SHMZ, 1963-1990). Подаци о водостајима и протицајима ријека Саве и Дрине, дати су за једанаестогодишњи период од 2011. до 2021. године (РХМЗС, 2012-2022). Анализирани су подаци са најближих хидролошких станица: Јамена на ријеци Сави и станица Радаљ, на ријеци Дрини у Републици Србији. Обје станице користе дигиталне инструменте за регистровање протицаја. Подаци о средњим мјесечним минимумима протицаја, средњим мјесечним протицајима и средњим мјесечним максимумима протицаја приказани су у Табели 19.

9.4.4.1. Водни режим ријеке Јање

На ријеци Јањи, најниже вриједности минималних протицаја су карактеристичне за јесењи период, од септембра до новембра. Највеће вриједности минималног протицаја преовлађују у прољетном периоду, од марта до маја, када су просјечне вриједности минималних протицаја $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$. За период зиме карактеристичне су релативно веће вриједности минималних протицаја, у односу на љетни и јесењи период, а просјечан минимални протицај у периоду од децембра до фебруара износи $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Просјечан годишњи минимални протицај износи $0,5$

m^3/s . Средњи мјесечни протицаји на ријеци Јањи највећи су у прољеће, односно у мјесецу марту, када протицај износи $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Више вриједности средњег мјесечног протицаја карактеристичне су и за период зиме када просјечан мјесечни протицај износи $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Најниже вриједности средњег мјесечног протицаја карактеристичне су за период јесени када је сезонски просјек $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ мјесечно.

Према Дукићевој (Dukić, 1962) класификацији, ријека Јања сврстава се у водотоке низија и побрђа, са континенталним режимом и израженим максималним протицајима у марту, који настаје усљед отапања снијега на побрђима и сусједним ниским планинама. Према плувиометријском режиму ријека Јања припада групи ријека са комбинованим плувио-нивалним режимом, будући да је први дефицит влажности током зимског периода усљед мање количине падавина и задржавања воде у виду снијега, нарочито у фебруару, када се биљежи и нижа вриједност протицаја. Други израженији минимум јавља се током августа и септембра, а настаје као резултат дефицита падавина и још увијек израженог интензивног испаравања. Посљедично, средњи мјесечни протицаји на ријеци Јањи су најнижи током секундарног минимума од августа до октобра. Најнижи средњи мјесечни протицај је карактеристичан за септембар када износи $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Максимални мјесечни протицаји најизраженији су у прољеће, нарочито током мјесеца маја када максимални протицај износи $26,9 \text{ m}^3/\text{s}$ односно дванаест пута је већи проток воде у односу на просјечан годишњи протицај.

Посматрано сезонски, максимални протицаји карактеристични су за прољеће, а просјечна вриједност максималног протицаја, у периоду од марта до маја, износи $21,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Најнижи максимални протицај је изражен у јесењем периоду, када мјесечни просјек износи свега $2,9 \text{ m}^3/\text{s}$. Просјечна годишња вриједност максималног протицаја на ријеци Јањи износи $11,9 \text{ m}^3/\text{s}$.

Табела 19. Средњи мјесечни и средњи годишњи протицај на ријекама Јањи (Угљевик) (SHMZ, 1963-1990), Сави-Јамена и Дрини-Радаљ (РХМЗС, 2012-2022)

| Q m ³ /s | Јања | | | Дрина - Радаљ | | | Сава - Јамена | | |
|---------------------|------|-----|------|---------------|-------|--------|---------------|--------|--------|
| | MQ | SQ | VQ | MQ | SQ | VQ | MQ | SQ | VQ |
| I | 0,5 | 2,7 | 15,9 | 82,0 | 341,6 | 685,8 | 783,1 | 1241,0 | 1870,6 |
| II | 0,6 | 2,6 | 13,7 | 125,4 | 427,7 | 879,1 | 991,9 | 1538,1 | 2105,0 |
| III | 0,9 | 4,5 | 23,0 | 163,0 | 520,4 | 1003 | 1160,8 | 1767,4 | 2349,1 |
| IV | 0,8 | 3,1 | 15,6 | 177,8 | 511,1 | 920,4 | 943,4 | 1438,1 | 2120,5 |
| V | 0,9 | 3,6 | 26,9 | 118,5 | 496,0 | 1075,7 | 938,5 | 1466,1 | 2168,4 |
| VI | 0,5 | 2,6 | 13,9 | 62,6 | 308,5 | 712,4 | 529,7 | 906,1 | 1617,2 |
| VII | 0,5 | 2,4 | 9,5 | 54,1 | 196,2 | 520,1 | 374,0 | 492,5 | 738,7 |
| VIII | 0,4 | 0,8 | 3,7 | 52,7 | 156,2 | 499,7 | 332,1 | 444,4 | 679,6 |
| IX | 0,3 | 0,5 | 1,5 | 53,1 | 134,2 | 483,2 | 357,1 | 670,9 | 923,8 |
| X | 0,3 | 0,6 | 2,3 | 52,8 | 160,8 | 514,3 | 412,1 | 734,4 | 1238,6 |
| XI | 0,3 | 1,6 | 4,9 | 56,7 | 248,2 | 678,7 | 611,4 | 1174,3 | 1754,4 |
| XII | 0,5 | 2,0 | 12,2 | 59,4 | 333,6 | 826,5 | 783,4 | 1319,5 | 1981,4 |
| год. | 0,5 | 2,3 | 11,9 | 88,2 | 319,5 | 733,2 | 684,8 | 1099,4 | 1628,9 |

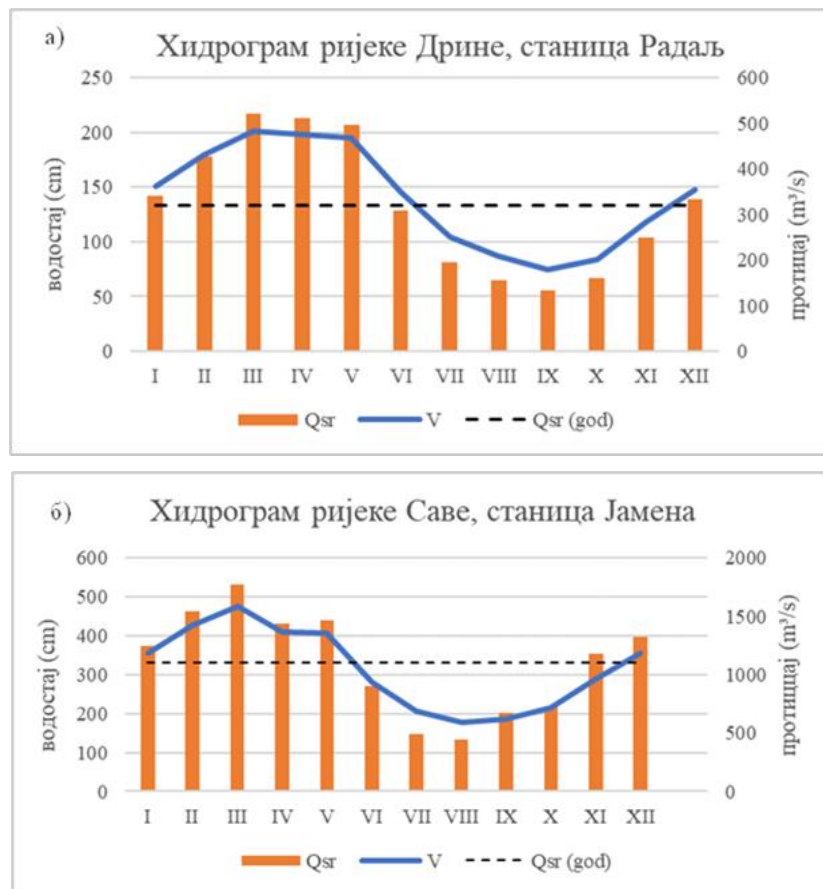
9.4.4.2. Водни режим Дрине (Радаљ)

Подаци о водостајима и протицајима у доњем току ријеке Дрине добијени су на основу хидролошких годишњака за период 2011-2021 (РХМЗС, 2012-2022), са дигиталне хидролошке станице Радаљ удаљене 74 km од ушћа. Просјечан годишњи протицај на ријеци Дрини у посматраном периоду износио је 319,5 m³/s. Највећа вриједност средњег протицаја карактеристична је за прољеће када просјечан мјесечни протицај износи 509,2 m³/s. Највећи средњемјесечни протицај је изражен током марта, када просјечно износи 520,4 m³/s, односно 62% је већи у односу на годишњи просјек. Период протицаја нижих од просјечне годишње вриједности траје шест мјесеци и изражен је од јула до новембра. Минимална вриједност средњег мјесечног протицаја изражена је у септембру и износи 134,2 m³/s, односно 58% мање у односу на средњегодишњи протицај. Средњи минимални протицај најмању вриједност има током мјесеца августа када износи 52,7 m³/s. Период минималних протицаја, нижих од годишњег минималног протицаја, траје осам мјесеци односно од јуна до јануара. Период минималних протицаја почиње у љето, интензивира се током јесењих мјесеци. Средњи минимални протицај у јесењем периоду износи 54,2 m³/s. Од јануара, минимални протицаји постепено расту па је највећа вриједност минималног протицаја карактеристична за прољеће када

средњи минимални протицај износи $153,1 \text{ m}^3/\text{s}$, а највећу вриједност минимални протицај досеже у априлу када износи $177,8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Средњегодишњи максимални протицај у доњем току Дрине износи $733,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Максимални протицаји су карактеристични за период прољећа, када просјечан мјесечни максимум износи $999,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Средњи максимални протицај има највећу вриједност током маја, са $1075,7 \text{ m}^3/\text{s}$ односно 2,3 пута већи проток воде у односу на септембарску максималну вриједност која износи $483,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Посматрајући одлике ријечног режима, Дрина припада ријекама континенталног плувиометријског режима, па у њеном доњем току први максимум наступа током мјесеца марта. Обзиром да је у Бијељини најкишовитији мјесец мај, а први максимум протицаја на ријеци Дрини се јавља током марта, она припада групи водотока комбинованог плувио–нивалног режима. Први високи водостаји са максималним протицајем, јављају се током марта а период високих протицаја траје до маја (Слика 22а). Обзиром на геоморфолошке различитости горњег, средњег и доњег дијела слива ријеке Дрине, водоток прима воде отопљеног сњежног покривача из планинског простора током марта и априла, док су у мају присутне и веће количине падавина карактеристичне за континентално поднебље.

Минимални протицаји су изражени током мјесеца септембра, што се поклапа са условима дефицита влажности и смањене количине падавина. Према климатским одликама Семберије, најмања количина падавина јавља се током фебруара, што не оставља значајан траг на вриједности водостаја и протицаја ријеке Дрине. Разлог за то налазимо у величини слива Дрине и његовој физичко-географској разноликости. На ријечни режим значајно утичу рељефне и климатске специфичности слива узводно од Семберије, нарочито средњи и горњи дио слива, па је водни режим под преовлађујућим утицајем високопланинског и средњепланинског рељефа са значајним храњењем од отопљених сњежних падавина у априлу и мају. Просјечан годишњи протицај на мјерној станици Бастаси (Фоча) на Дрини износи $164 \text{ m}^3/\text{s}$, у Вишеграду $341 \text{ m}^3/\text{s}$, у Зворнику $387 \text{ m}^3/\text{s}$, док на ушћу у Саву протицај износи $401 \text{ m}^3/\text{s}$ (Тохол, Јоловић, Главаш, & Митровић, 2016). Такође, у горњем дијелу слива највећа количина падавина у виду кише јавља се током априла, па уз присутно отапање сњежног покривача, на ријеци Дрини највиши водостаји и протицаји јављају се од марта до маја.



Слика 22. Хидрограми: а) Дрине; б) Саве

9.4.4.3. Водни режим Саве (Јамена)

Обзиром да на територији Града Бијељина не постоји хидролошка станица на ријеци Сави, у раду су коришћени подаци о водостајима и протицајима ријеке Саве са мјерне станице Јамена (РХМЗС, 2012-2022). У периоду 2011-2021, просјечан годишњи протицај на ријеци Сави, на мјерној станици Јамена, износио је 1099,4 m³/s. Највиши средњи мјесечни протицај карактеристичан је за прољећни период, при чему је његова највећа вриједност карактеристична за мјесец март, а износи 1767,4 m³/s. Просјечан мјесечни протицај током прољећних мјесеци износи 1557,2 m³/s. Протицај Саве постепено опада током љетних мјесеци, па се најнижи средњемјесечни протицаји јављају од јула до октобра. Просјечан протицај Саве током љетних мјесеци износи 614,3 m³/s, што је два и по пута мање у односу на протицај током прољећних мјесеци. Јулски протицај је 2,2 пута нижи у односу на годишњи просјек, док је у августу ова разлика још израженија па током овог

мјесеца протекне 2,5 пута мање воде у односу на годишњи просјек. Преласком у период јесени ова разлика се смањује па средњемјесечни просјек у новембру премашује просјечан годишњи протицај.

Најнижи средњемјесечни протицај изражен је током августа, када износи 444,4 m³/s. Током јесени, од септембра до новембра, средњи мјесечни протицај износи 859,9 m³/s, односно 1,8 пута мање у односу на прољећну сезону. Просјечан мјесечни протицај током зимских мјесеци је 1366,2 m³/s. Средњи минимални протицаји најнижи су током љета па је мјесец са најнижим минималним протицајем август, са 332 m³/s, а затим јули са 374 m³/s и септембар са 357 m³/s. Средњегодишњи минимални протицај на ријеци Сави износи 684,8 m³/s, а током шест мјесеци, од јуна до новембра, су минимални протицаји мањи у односу на средњегодишњи минимални протицај. Највећа вриједност минималног протицаја карактеристична је за мјесец март када износи 1160,8 m³/s, односно 3,5 пута већи протицај у односу на августовски минимални протицај. Током марта средњи минимални протицај је већи у односу на просјечан годишњи протицај.

Средњегодишњи максимални протицај износи 1628,9 m³/s, при чему је највећи максимални протицај изражен у периоду од фебруара до маја, са највећом вриједношћу у марту. Средњи максимални протицај у марту износи 2349,1 m³/s, односно 3,5 пута је већи у односу на максимални протицај у мјесецу августу када овај показатељ достиже најнижу вриједност, 676,9 m³/s. Ријека Сава припада водотоцима комбинованог ријечног режима (Слика 22б). Будући да слив Саве обухвата различите геоморфолошке регионе и поднебља, протичући рељефно и хипсометријски разноликим географским регионима, постепено прелази из прелазног нивално-плувијалног према плувио-нивалном режиму. Први ниски водостаји и минимални протицаји на овим водотоцима јављају се током мјесеца августа, усљед израженог испаравања које не може бити компензовано падавинама. Први максимум јавља се током марта, а високи водостаји изражени су у периоду од марта до маја. Високи водостаји у овом периоду настају као посљедица отапања снијега на ниским планинама у марту, средњим у априлу и високим планинама током мјесеца маја.

9.4.5. Потоци, баре и мочваре

Према подацима у водном катастру (Воде Српске, 2022) на простору Семберије са подмајевичким крајем, налази се више од 70 потока чија укупна дужина прелази 193,6 km. Укупно 29 потока припада групи сталних водотока са дужином од 111 km. Ови токови имају велики значај за главне ријечне системе Семберије, будући да омогућавају каналисање површинског отицања воде и наноса из нископланинске области Мајевице према Семберији.

У сјеверном дијелу Семберије, у насељима Остојићево, Горњи Бродац, Доњи Бродац, Велино Село, на око 3 km удаљености од корита ријеке Саве, налази се велики број мочвара, мртваја које су од изузетног значаја као станишта различитих акватичних инсеката, водоземаца и специфичне барске вегетације. На простору Семберије постоји преко 50 мртваја, које представљају напуштане меандре ријеке Саве, чије је корито током еволуције рељефа Семберије помјерено у правцу сјевера. У заосталим меандрима формиран су мочварни екосистеми који данас заузимају површину од око 5,1 km². Мању површину али већу просторну дисперзију имају барски екосистеми, који су настали услед смањене динамике отицања вода и равничарског рељефа. Такве су Бара Бистрик, Грабовача, Поповача, Црна бара, Сува бара, Орљава бара и др.

Од посебног значаја је и заштићени мочварни екосистем Громижељ (Службени гласник Републике Српске 19/18, 2018). Заштићено станиште, мочвара Громижељ, обухвата дијелове насеља Доњи Бродац, Велино Село и Балатун, а заузима површину од 8,5 km². Ово подручје је првобитно превентивно проглашено посебним резерватом природе (*Ib*) у 2011. години, а од 2018. године уписано је у регистар заштићених природних станишта (*IV* категорија). Овај мочварни екосистем одликује се специфичним примјерцима флоре и фауне, при чему се посебно издваја ријетка и заштићена врста рибе „Мргуда“. Громижељ је једно од ријетких очуваних станишта ове врсте у Европи, што је представљало основу за проглашење станишта заштићеним.

9.4.6. Регулација водотока и систем канала

На повременим и сталним водотоцима Семберије попут ријека Дашнице, Јањице, Ступња, Буковице, Глоговаца и других, извршена је регулација изградњом насипа и обалоутврда и извршено повезивање вода у јединствену хидрографску мрежу изградњом система дренажних и мелиорацијских канала (Табела 20). Мрежа канала је најразвијенија на равничарском простору до 200 m надморске висине. Најзначајнији канали на простору Семберије су „Главни ободни канал“, канал „Дашница“, канал „Глоговац“ који чине систем канала „Дрина – Дашница“, као и „Мајевички канал“, канал „Јања“, канал „Дивљи коњ“, „Прокоп“ и „Салин канал“.

Табела 20. Систем канала Семберије (Воде Српске, 2022)

| назив | дужина (km) |
|---------------------|-------------|
| Главни ободни канал | 14,2 |
| Канал Глоговац | 2,7 |
| Мајевички канал | 12,8 |
| Канал Дашница | 22,0 |
| Канал II | 6,2 |
| Канал IV | 10,9 |
| Канал Дивљи Коњ | 4,7 |
| Канал Прокоп | 3,3 |
| Канал Јањица | 3,1 |
| Салин канал | 1,1 |
| Канал Селиште | 13,4 |
| Канал Тополовац | 9,7 |
| Σ | 104,1 |

Укупна дужина ових канала износи 104 km. Изузев канала Јања, који прима воде периодичних водотока Руповите, Трнове, Срамошиње, Стараче, а припада сливу Дрине, остали канали припадају непосредном сливу Саве. Спојницом између канала Глоговац са каналом Дашнице успостављена је веза између вода Дрине и Саве. Главни ободни канал, дио канала Дашнице и дио канала Глоговац са водозахватом на ријеци Дрини, чине јединствен интегрални систем канала Дрина – Дашница, дужине 32115,6 m. Према планираној мултифункционалној намјени, овај систем канала, осим заштите урбаних и густо насељених дијелова Града Бијељина од потенцијалних високих вода, обезбиједиће и стални протицај воде каналом Дашница кроз урбани центар. Поред тога, планирано је повезивање са системом

кишне канализације, уз истовремено ефикасније коришћење вода за потребе наводњавања околних пољопривредних површина, у вегетационом периоду.

9.4.7. Подземне воде

Хидрогеолошка рејонизација Босне и Херцеговине заснована је на геолошко-тектонској подјели БиХ. На територији Босне и Херцеговине издвојена су четири хидрогеолошка рејона. Семберија припада „Сјеверном хидрогеолошком рејону Унутрашњих Динарида“ (Тохољ, Јоловић, Главаш, & Митровић, 2016). Према хидрогеолошкој структури подземне воде истраживаног простора доминантно припадају пространом артешком басену Посавине и Семберије, док западни и југозападни мајевички крај припада рејону „Хорстова и ровова сјеверне Босне“ (Геозавод, 2011). Површинске и подземне воде ових рејона припадају Црноморском сливу.

Ранијим студијама потврђено је да Семберија представља важно хидрогеолошко подручје које одликује велика количина изданских вода доброг квалитета, у алувијалним седиментима Саве и Дрине (Milivojević, 1995). Овом типу припада семберска алувијална издан. Највећу површину заузимају алувијални седименти Семберије и брчанске Посавине. Семберска алувијална издан простире се од ријеке Јање на југоистоку до долине Саве на сјеверу. На истоку је граница издани ријека Дрина, а на западу и југозападу тераса грађена од пликвартаних седимента, средње водопрпусности.

Слив Дрине на простору Семберије карактерише збијени тип издани који представља дио обилне семберске издани. Ова издан формирана је у слоју наслага шљунка Саве и Дрине дебљине 30 до 60 m, а већински се прихрањује водама Дрине. Одликује се слободним нивоом током већег дијела године. „Издан је окарактерисана високом филтрационом моћи па је коефицијент филтрације од 2×10^{-3} до 5×10^{-3} m/s, а смањује се од истока према западу. Коефицијент филтрације највећи је у централном дијелу Семберије према ријечи Дрини гдје износи од 1×10^{-3} до 4×10^{-3} m/s. Просјечна вриједност коефицијента филтрације у близини Саве износи $0,08 \times 10^{-3}$ до $0,15 \times 10^{-3}$ m/s“ (Геозавод, 2011, стр. 419). Издан се одликује споријим кретањем воде ка мјестима изливања и дренажа се према ријечи Сави. До нарочитог успора долази са растом нивоа ријеке

Саве и подизања површине издани. Ова издан је једна од најобилнијих акумулација подземних вода у стијенама са интергрануларном порозношћу у Републици Српској. Посавско-семберска издан је значајна за водоснабдијевање Града Бијељине. Експлоатација и водоснабдијевање остварује се системом бунара „Грмић“ са протоком око 400 l/s. Према подацима Геозавода (2011, стр. 419), експлоатационе могућности подземних вода су знатно веће и постоје могућности повезивања цијеле територије Града Бијељина на градски водовод. Значајан проблем је нерегулисана канализациона мрежа која угрожава изданске воде, нарочито у насељима према долини Дрине.

Према коефицијенту трансмисибилности на територији Семберије може се издвојити пет група стијенских маса:

- прва група, терени класе I (1.1) са интергрануларном порозношћу и добром водопрпусношћу (коэф. већи од 10^{-3} m/s), шљункови и пијескови алувијалних наслага;
- прва група, терени II класе (1.2) са интергрануларном порозношћу и средњом водопрпусношћу (коэф. мањи од 10^{-3} m/s), по литолошком саставу шљункови и пијескови, дјелимично заглињени;
- друга група (2.0) са пукотинском порозношћу. Аквифери ниске трансмисибилности, а према литолошком саставу: лапоровити кречњаци, доломити, пјешчари, конгломерати;
- трећа група (3.1) са каверозно-пукотинском порозношћу и добром водопрпусношћу, према литолошком саставу су кречњаци, масивини и слојевити, мјестимично са доломитима;
- трећа група (3.2) терени са каверозно-пукотинском порозношћу и средње водопрпусности, представљени глинама, пјешчарима и лапорцима
- четврта група (4.0), терени са пукотинском порозношћу, слабе водопрпусности, представљени: банковитим и кварцним пјешчарима, пјесковитим кречњацима, лапорима;
- пета група (5.0), практично непорпусни терени, представљени лапорцима, глинцима, рјеђе конгломератима.

Првој групи припадају седименти прве ријечне терасе Дрине, па је прва класа водопрпусних терена заступљена у централном дијелу Семберије, према истоку до Дрине и према сјеверу, до долине Саве (ПРИЛОГ 9). На западу је на изохипси 120 m надморске висине, релативна граница према теренима друге класе, са средњом водопрпусношћу. Ово су терени друге ријечне терасе Саве, представљени плио-квартарним седиментима чију структуру чине глине, пијескови, рјеђе шљункови. Терени друге групе са пукотинском порозношћу заступљени су у централном дијелу лопарског басена, у горњем току ријеке Лукавац као и источним дијеловима угљевичког басена, у подмајевичком крају. Простиру се апроксимативно од Угљевичке Обријежи преко насеља Доња Трнова до ушћа Тавне у Дрину. У оквиру треће групе терена заступљени су дисконтинуирани аквифери са стијенама добре пропусности, представљени кречњацима, пјешчарима и лапорима. Ови терени распрострањени су на мањој површини на десној обали ријеке Домане, на југоистоку општине Угљевик. Истој групи припадају и терени средње пропусности распрострањени на сјеверозападу, од насеља Корај у Лопарама, пратећи изохипсу од 200 m, преко Богутовог села (рударски коп) и Старог Угљевика до насеља Средња Трнова. Издани треће хидрогеолошке групе најраспрострањеније су на ободном дијелу панонског басена, према хидрогеолошком рејону хорстова и ровова Сјеверне Босне.

Четврту хидрогеолошку групу чине стијене слабе пропусности, представљене глинцима, банковитим и кварцним пјешчарима, пјесковитим кречњацима и лапорцима. Ова група припада еоценским седиментима а распрострањена је у јужном ободном дијелу Лопарског басена и дијеловима мајевичког гребена, у изворишној зони Лукавца (Гњице). Друга просторна цјелина у оквиру исте хидрогеолошке групе простире се од коте Самарине, у јужном дијелу насеља Корај у Лопарама, према југоистоку до угљевичког насеља Мезграја. Петој хидрогеолошкој групи припадају југоисточне падине Мајевице према Лопарском и Тобутском басену. Обухвата и горњи изворишни дио слива Јање. Заступљени су и у централној зони између терена прве хидрогеолошке групе, представљених шљунковима и пијеском, према теренима друге и треће групе. Ове терене одликује слаба водопрпусност, са ријетким локалним аквиферима, мале издашности.

9.4.7.1. Термалне, минералне и термоминералне воде

Према подацима Републичког завода за геолошка истраживања (Тохољ, Јоловић, Главаш, & Митровић, 2016), на територији Републике Српске налази се неколико хидрогеолошких зона и локација термоенергетске потенцијалности (ПРИЛОГ 9). Подаци о геотермалним бушотинама приказани су у Табели Табела 21. Ове зоне садрже чисто термалну воду са температуром већом од 20°C и минерализацијом мањом од 1 g/l, или садрже термоминералне воде са температуром већом од 20°C и минерализацијом већом од 1 g/l. У протеклом периоду је на простору Семберије обављен већи број истражних радова ради утврђивања хидрогеолошке потенцијалности (Миливојевић, 1995). На територији Града Бијељине, на површини од око 200 km², обављени су истражни радови и бушење шест бушотина са појединачним дубинама већим од 1000 m. Истражни радови су на територији Семберије вршени с циљем идентификације нафтоносних слојева па су поред наведених истражни радови вршени на додатних 12 бушотина.

Табела 21. Геотермалне бушотине и истраживања на територији Семберије (Тохољ, Јоловић, Главаш, & Митровић, 2016)

| бушотина | ознака | дубина (m) | врста појаве | средња температура | издашност при самоизливу l/s |
|-------------|--------|------------|--------------|--------------------|------------------------------|
| Семберија-1 | S-1 | 1345 | термална | 75 | 7 |
| Семберија-2 | S-2 | 1591 | - | - | - |
| Семберија-3 | S-3 | 1746 | - | - | - |
| Бијељина-1 | Bij-1 | 2479 | термална | 123 | 17 |
| Дворови-1 | Dv-1 | 1500 | термална | 87 | 20 |
| Слобомир | GD-2 | 1800 | термална | 75 | 44 |

легенда: - без података

На територији Града Бијељина идентификована су четири налазишта геотермалних вода (Миливојевић, 1995). Прво налазиште обухвата фреатску издан геотермалне пијаће воде, друго налазиште представљају термалне воде у артешким изданима плио-квартарне и неогене старости. Треће налазиште лоцирано је у горњокредним кречњацима, а четврто налазиште припада групи артешких издани термалних вода у тријаским седиментима. Према Миливојевићу (Миливојевић, 1995), воде првог и другог налазишта имају енергетски потенцијал искористив за потребе топлификације засноване на систему топлотних пумпи. Температура вода у овим

налазиштима има вриједности до 14°C код издани у алувијалним седиментима и до 20°C у артешким изданима лоцираним у плиоквартарним и неогеним седиментима.

Артешка издан у горњокредним кречњацима (треће налазиште) обухвата експлоатационо налазиште у Дворовима, у Бијељини (Табела 21). Једина активна бушотина је „Семберија-1“, а термална вода се користи за потребе бањског центра Дворови са издашношћу 7 l/s и температуром 75°C, при самоизливу. Воде се расхлађују и користе за базене за купање и топлификацију. Истражни радови у бушотини „Дворови-1“ су обустављени на дубини 1500 m, са процијењеном издашношћу издани 20 l/s и температуром од 80°C при самоизливу (Завод за водопривреду, 2015). Воде ове бушотине се не користе. Експлоатација воде у бањи Дворови врши се само из бушотине „Семберија-1“, а вода се користи за потребе балнеотерапије, у туристичко-рекреативне сврхе, за топлификацију и агрокултуру. Према минералном саставу воде су хидрокарбонатно-хлоридно-натријумске и калцијум-натријумске са минерализацијом 570 mg/l (Тохољ, Јоловић, Главаш, & Митровић, 2016). У склопу бањско-рекреативног центра налази се хотелски комплекс „Свети Стефан“, а термалне воде користе за потребе бањског комплекса. У склопу хотела бање Дворови налазе се олимпијски базен, два мања базена и два дјечија базена и рехабилитациони дио који чине: шест љекарских ординација, хидротерапијски базен, трим кабинет и дворана за рехабилитацију (Гњато, Трбић, Маринковић, Гњато, & Лојовић, 2005). Комплекс обухвата и спортско-рекреативне терене.



Слика 23. Хотел „Свети Стефан“, бања Дворови (ЈУ Вања Dvorovi, 2018)

Четврто налазиште геотермалне воде лоцирано је у тријаским кречњацима и доломитима, а простире се испод цијеле површине Града. У истражној бушотини „Бијељина-1“ извршено је бушење до дубине 2479 m, а том приликом утврђено је постојање колектора геотермалних вода са температуром до 134°C, са издашношћу 15-20 l/s (Завод за водопривреду, 2015). У тријаским кречњацима су 2010. лоциране термалне воде бушотине „Слобомир“ велике енергетске потенцијалности. Бушотина „Слобомир“ избушена је до дубине од 1800 m. Температура воде је око 75°C. Воде ове бушотине припадају хидрокарбонатно–хлоридно-натријумским и калцијум-натријумским водама са минерализацијом 0,32 g/l и *ph* вриједношћу 7,4. Геотермалне воде Слобомира имају велики термоенергетски значај а њихово потенцијално коришћење је могуће и за потребе балнеолошког туризма. Процијењени термоенергетски потенцијал је 9,5 MWt (Тохол, Јоловић, Главаш, & Митровић, 2016, стр. 76). Резервоари у тријаским кречњацима сматрају се носиоцима највеће геотермалне енергетске потенцијалности на простору Семберије, са предвиђеним коришћењем за велике енергетске потрошаче, топлотне снаге 50–100 MW (Milivojević, 1995).

Поред Бијељине, појава термалних вода са изворима и бунарима мање издашности, забиљежена је на територији општине Лопаре, у насељима Корај и Прибој. Насеље Корај налази се у пограничном дијелу општине Лопаре, према Брчко Дистрикту. Воде изворишта Корај су атмосферског поријекла а према јонском саставу припадају сулфатно-хидрокарбонатним и магнезијум-натријумским водама са минерализацијом 1,5 g/l. Друго извориште на територији општине је у насељу Прибој, у подножју Мајевице и горњем дијелу слива ријеке Јање. Експлоатација се врши преко копаних бунара. По јонском саставу воде су хидрокарбонатно–хлоридно-натријумске и калцијум-натријумске воде (Грубић, Цвијић, & Милошевић, 2010, стр. 453).

9.5. ЗЕМЉИШНИ ПОТЕНЦИЈАЛ

Земљиште је природни ресурс и природни услов којим се обезбјеђује егзистенција живог свијета кроз геохемијске циклусе трансформације енергије и размјене материје. Представља интегрални дио развојних процеса биосфере и формирања разноликости биогеоценоза на Земљи. Посматрано из перспективе

људског друштва, земљиште је услов задовољења темељних људских потреба кроз процесе продукције хране и организације становања. Према еколошкој регионализацији заснованој на литолошким, рељефним и климатским карактеристикама, Семберија припада „Панонском региону“ Републике Српске. Земљишта овог региона су тешка, са сложеним механичким саставом, настала под утицајем подземних и површинских вода. Већински припадају раздјелу хидроморфних земљишта (Каповић Соломун & Марковић, 2022, стр. 10-13). Семберија припада пољопривредним регионима високе продуктивности у Републици Српској, нарочито за узгој ратарских, повртарских и индустријских култура.

Воћарска производња је најпродуктивнија на аутоморфним земљиштима реликтних језерских тераса и побрђима. Најповољнија земљишта за пољопривредну производњу су еутрични камбисол и дубоки псеудоглеј, а такође уз примјену агротехничких и хидротехничких мјера, високу продуктивност могу имати и флувијална земљишта. Семберија се одликује комплексом различитих типова земљишта која су настала као резултат комплексног дјеловања специфичних педогенетских фактора: геолошке подлоге, климатских, хидролошких и рељефних услова и организама, а чије интеракције су се испољавале током дуготрајног процеса педогенезе (ПРИЛОГ 10). Према генетско-еволутивном принципу, земљишта Семберије су подијељена у два раздјела, аутоморфна и хидроморфна земљишта. Према ФАО класификацији (FAO - UNESCO, 1997) на простору Семберије издваја се неколико типова земљишта: флувисол, камбисол, глејсол, лувисол, вертисол, подзолувисол, лептосол, акрисол (Табела 22).

9.5.1. Хидроморфна земљишта

Флувисол или алувијално земљиште припада групи неразвијених хидроморфних земљишта. На простору Семберије распрострањено је у долинама ријека Саве и Дрине. Флувисол заузима 29,1% површине, а најраспрострањеније је у источним, сјевероисточним и средишњим дијеловима Семберије. Од алувијалних земљишта најраспрострањенији подтип је калкарични флувисол (*Flc*) или алувијално карбонатно иловасто тло које заузима површину 15% од територије

истраживања. Ова тла погодна су за раст бијеле (*Populetum albae*) и црне тополе (*Populetum nigrae*). Уз примјену хидромелиоративних захвата погодује интензивној пољопривредној производњи житарица, кукуруза и воћа (FAO - UNESCO, 1981). Најраспрострањенији тип, калкарични флувисол садржи висок проценат карбоната (9,1%).

Поред калкаричне, на простору Семберије велико распрострањење имају и еутричне флувисоли (*Fle*) или сивосмеђе, безкарбонатно ливадско тло на глинама и иловачама (хумофлувисол). Ова земљишта се одликују сложеним условима влажења који потичу од атмосферских падавина, поплавних и подземних вода. Висок ниво поземних вода и глиновитост тла утичу на потребу извођења хидромелиоративних радова. Природна вегетација су повремено плавлене шуме храста лужњака (*Alno-Quercus roboris*) и асоцијације пољског јасена, бријеста и лужњака (*Ulm-Quercus robur*). Често су заступљене и шуме бијеле тополе. Шумске асоцијације на овом типу земљишта одликују се и високим прирастом биомасе (Dekanić, 1962). Молични флувисол (*FLm*) или алувијално ритско земљиште (ритска црница) на простору Семберије простире се на површини од 8,3 km². Распрострањено је на западном ободу алувијалне равни Дрине. Земљиште се одликује великом концентрацијом органске материје, а заступљено је у мртвајама и барским предјелима. Најзаступљеније дрвенасте форме су црне јове (*Alnus glutinosa*) и барска врба (*Salix cinerea*). Представљају квалитетна земљишта, али због прекомјерног влажења нису погодна за пољопривреду. Уз примјену хидромелиорације могу се претворити у високо продуктивна тла за пољопривредну производњу. Овој групи земљишта припада и умбрични флувисол (хумофлувисол) са FAO ознаком *Flu*.

Хидроморфним земљиштима припада глејсол (*GL*), а на простору Семберије је представљен подтипovima еутрични глејсол (*GLe*), калцични глејсол (*GLc*) и молични глејсол (*GLm*). Глејна земљишта зазимају површину од 100,3 km² или 8,3% територије истраживања. Еутрични глејсол (*Gle*) или еуглеј је мочварно глејно земљиште карактеристично по присуству подземних вода које избијају на површину. Ово земљиште распрострањено је на првој ријечној тераси Саве и мањом површином у долинама Лукавца и Јање. Молични глејсол (*GLm*) је такође карактеристично минерално-мочварно безкарбонатно земљиште. Природна

вегетација на овом земљишту су хидрофилне врсте тополе, јасена, бријеста и храста лужњака. Ова земљишта често су прекривена ливадско-барском вегетацијом.

9.5.2. Аутоморфна земљишта

Лувисол или илимеризовано, псеудоподзоласто земљиште заузима 26,8% територије истраживања. Овом типу припадају подтипови стагно-лувисол (*LVj*) или псеудоглејно тло, вертикални лувисол (*LVv*), глејни лувисол (*LVg*), хромични лувисол (*LVx*) и хаплични лувисол (*LVh*). Лувисол се развија на невезаној седиментној подлози, ријечним и језерским терасама, а погодно је за узгој житарица, репе, дјетелине и воћњака. На вишим надморским висинама често су прекривена шумама букве (Lješević, 2003). На територији Семберије најзаступљеније тло је псеудоглеј (*LVj*) или подзолно псеудоглејно терасно тло, које се простире на 23,1% површине. Псеудоглеј највећу површину заузима на секундарној, плиоквартарној тераси Саве. Према националној класификацији земљишта, псеудоглејним земљиштима припадају: падински псеудоглеј (*LVj*) и долински, подзолни, псеудоглеј (*PDj*). Ради повећања продуктивности овог земљишта потребно је спровести мелиоративне мјере (дренирање), унос органске материје, унос фосфора и калијума (Каповић Соломун & Марковић, 2022).

Вертикални подтип лувисоли (*LVv*) или смеђе деградирано тло на глинама, заузима 37,2 km² или 3,1% површине и простире се између ријечне долине Јање и долине Тавне, у Угљевику. Хромична варијанта лувосоли (*LVx*) или посмеђена црвеница на једрим кречњацима, има малу распрострањеност. Оба подтипа користе се за производњу житарица и шећерне репе, а на стрмијим теренима за воћарске културе и пашњачко сточарство. Хромични лувисол заступљен је само на територији угљевичких насеља Доња Крчина и Турсуново брдо, гдје су најзаступљенији воћарски засади. Хаплични лувисол (*LVh*) или смеђе деградитрано тло на лапорима је најмање заступљено тло, а заузима свега 0,29 km², на територији насеља Пукиш у Лопарама. Ово тло погодно је за воћарство и пашњачко сточарство. Глејни лувисол (*LVg*) или смеђе деградирано тло на глинама, заступљено је на десној гребенастој страни у долини Тавне.

Камбисол или смеђе земљиште припада групи аутоморфних земљишта, која настају измјеном хумусно-акумулативних земљишта. У зависности од

доминантних процеса који се одвијају у земљишту као и од матичног супстрата, разликује се неколико подтипова смеђег земљишта. На ширем простору Семберије заступљени су подтипови: еутрични камбисол (*СМе*) или гајњача, дистрични камбисол (*СМд*) или кисело смеђе земиште, калкаринични камбисол (*СМс*) или смеђе земљиште на карбонатима, вертикални камбисол (*СМv*) или палеосол и хромични камбисол (*СМх*). На овом типу земљишта најзаступљенија је шумска вегетација. Највеће распрострањење има еутрични подтип камбисола (гајњача). Најразвијенији је на терцијарним језерским наслагама, на површинама надморске висине од 200 до 500 m (Каповић Соломун & Марковић, 2022). Еутрични камбисол спада у категорију плодних и високо продуктивних земљишта, али је њихова продуктивност условљена начином коришћења. Природну вегетацију чине храстове шуме и асоцијације храста и цера.

Дистрични камбисол или кисело смеђе земљиште заузима 35,6 km² или 3% територије истраживања. Заступљено је на површинама на надморској висини између 500 m и 900 m. Ово су шумска земљишта на којима су најзаступљеније букове шуме, а користи се и у пољопривредној производњи за узгој ратарских култура и кромпира. На нижим надморским висинама развијају се шуме храста китњака и обичног граба, док су у вишим појасевима заступљене шуме букве (*Fagus sylvatica*) и заједнице букве и смрче (*Picea abies*) (Каповић, Кнежевић, & Благојевић, 2011). Калкаринични камбисол или смеђе карбонатно тло на кречњацима (калкокамбисол) заузима површину од свега 2 km², а јавља се само на јужним дијеловима насеља Лопаре Село. Због еродибилности потребне су агротехничке мјере заштите овог тла. Нису погодна за интензивну пољопривреду, а природну вегетацију чине ливаде и пашњаци, док су у вишим предјелима заступљене шуме букве и јеле, а ријеђе шуме китњака (Antić, Jović, & Avdalović, 1982).

Вертикални камбисол је други тип у класи камбисола, према заступљености у оквиру датог простора истраживања заузима 71,2 km² или 5,9% територије. Овај тип смеђег земљишта развијен је на глинама, лапорима, рјеђе пјешчарима. Карактеристично је за благе падине нагиба до 6%, а заступљено је на брдским теренима надморске висине између 200 m и 500 m. Највећу заступљеност има у источном и сјевероисточном дијелу општине Лопаре, као и у централном дијелу општине Угљевик, гдје су ова земљишта развијена на глинама, рјеђе на

пјешчарима. На благим теренима вертикални камбисол се користи за воћарство и узгој неких врста ратарских култура.

Према ФАО класификацији земљишта идентификована је посебна класа лесивираних псеудоподзоластих земљишта, акрисол (AC). На простору истраживања идентификована је ферична варијанта акрисоли. Ово је жуто-смеђе тло развијено на пјешчарима које заузима површину од 60,8 km² или 5,1% површине. Вертисол или смоница припада реду аутоморфних, хумусно-акумулативних земљишта. Формира се на заравњеним теренима, таласастим теренима или у удубљењима, на површинама између 200 m и 600 m надморске висине и котлинама са израженим таложењем језерских седимената (Белић, Нешић, Ћирић, Бенка, & Радовановић, 2019). Природна вегетација на овом земљишту су листопадне шуме, најчешће храст цер (*Quercus Cerris*) и храст сладун (*Quercus frainetto*). На територији истраживања вертисол земљиште је заступљено са два подтипа, еутричним (*VRe*) и калкарничним типом (*VRk*). Овај тип земљишта заступљен је на простору шибошничко-лопарског басена и сјеверној подгорини Мајевице. Литични лептосол (*LPq*), односно литосол је на огољеним врховима Малог и Великог Гребена, у долини Тавне, на територији општине Угљевик.

Табела 22. Земљишни потенцијал (Zavod za agropedologiju, 1972-1973)

| хидроморфна земљишта | тип земљишта према НКЗ | ФАО симбол | површина km ² | површина ha | површина % |
|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|---------------|-------------|
| епиглејна | псеудоглеј | LVj, PDj | 352,2 | 35220 | 29,3 |
| хипоглејна | еуглеј | GLk, GLm, Gle, | 100,0 | 10000 | 8,3 |
| флувијална и флувоглејна | флувисол и хумофлувисол (семиглеј) | Fle, FLC, Fle, FLC, FLu, FLm, GLm | 78,3 262,6 | 7830 26260 | 6,5 21,9 |
| водно земљиште | | | 20,0 | 2000 | 0,02 |
| УКУПНО | | | 813,1 | 81310 | 67,7 |
| аутоморфна земљишта | тип земљишта | ФАО ознака | површина km ² | површина ha | површина % |
| хумусно-акумулативна | вертисол | VRe, VRk | 82,0 | 8200 | 6,8 |
| камбична земљишта | еутрични камбисол | CMe, CMv, CMx, CMc, FLm, | 156,9 | 15690 | 13,1 |
| | дистрични камбисол | CMd, CMv, CMx, ACf | 98,1 | 9810 | 8,2 |
| | калкокамбисол | CMc | 2,0 | 200 | 0,2 |
| елувијално-илувијална земљишта | лувисол | LVg, LVh, LVj, LVv, LVx | 45,1 | 4510 | 3,8 |
| неразвијена земљишта | литосол (камењар) | LPq | 1,1 | 110 | 0,1 |
| антропогена земљишта | антропосоли и техносоли | град, рудокоп, јаловиште | 3,7 | 370 | 0,3 |
| УКУПНО | | | 388,9 | 38890 | 32,3 |

легенда: НКЗ – национална класификација земљишта, ФАО ознаке (подтипови и варијетети)

9.6. ФЛОРА И ФАУНА

Идентификација ареала распрострања различитих типова вегетације, са специфичним елементима флоре и фауне, започета је са еколошко-вегетацијском рејонизацијом Босне и Херцеговине и утврђивањем позиције истраживаног простора унутар дефинисаних еколошко-вегетацијских рејона. Босна и Херцеговина припада холарктичкој биogeографској области. Њен већи дио припада

европско-сибирској регији, а мањим, јужним и југозападним дијелом обухвата средоземну регију. Еколошко-вегетацијска рејонизација БиХ (Stefanović, Beus, Burlica, Dizdarević, & Vukorep, 1983) заснована је на истраживањима климатских и педолошких услова у интеракцији са фитоценолошким одликама и типовима шумске вегетације. На простору Босне и Херцеговине заступљене су три ниже фитоценолошке територијалне јединице које припадају евро-сибирској регији: илирска провинција, која обухвата влажније западне зоне, док је на истоку, сјевероистоку граница према ариднијој, мезијској провинцији. Средњоевропска провинција заступљена је на крајњем сјеверу БиХ. На основу географског положаја, геолошких, геоморфолошких, климатских и педолошких одлика и фитогеографске припадности, дефинисане су области унутар којих су на основу реалне и потенцијалне шумске вегетације издвојене ниже хијерархијске јединице, подручја и рејони. Унутар евро-сибирске регије издваја се појас хрстових шума равничарског и брдског подручја, илирске и прелазне, илирско-мезијске провинције.

Семберија припада илирско-мезијској провинцији, односно доњо-дринском подручју (Stefanović, Beus, Burlica, Dizdarević, & Vukorep, 1983). Обухвата простор алувијалних равни и делувијалних тераса као и појас побрђа. На овом простору су унутар дефинисаног подручја издвојена два рејона, семберско-посавски рејон и мајевички рејон. Мајевички рејон заступљен је само у сјеверном подгоринском дијелу планине Мајевике, у јужним и југозападним дијеловима општине Лопаре. Ово је контактна зона између двије специфичне климатоналне области, влажније на западу, представљене заједницама храста китњака и цера и аридније, источне зоне, представљене шумом сладуна и цера. Услјед наведених одлика на истраживаном простору уочене су специфичности вегетацијског зонирања и јединствен фитогеографски размјештај шумске вегетације.

9.6.1. Еколошко-вегетацијска рејонизација

Семберијско-посавски еколошко-вегетацијски рејон обухвата простор сјевероисточног дијела Босне и Херцеговине, односно доњи ток Дрине са ушћем у ријеку Саву. Распрострањен је на теренима са надморском висином од 80 m до 240 m. Према фитоценолошким одликама на овом простору највећу заступљеност

имају мезофилне шуме храста лужљака и обичног граба (*Carpino betuli - Quercetum roboris*) (Stefanović, Beus, Burlica, Dizdarević, & Vukorep, 1983). Ове шуме распрострањене су на најнижем равничарском дијелу истраживаног простора до 180 m надморске висине. У источном дијелу на хидроморфним тлима срећу се шуме црне и бијеле тополе (*Populetum nigro - albae*) и врбове шуме (*Salicetum*). На релативно вишој надморској висини, на теренима гдје преовлађујући педолошки слој чине вертисоли, еутрични и дистрични камбисоли, заступљене су шуме сладуна и цера (*Quercetum confertae - cerris*). Изнад овог појаса простиру се заједнице обухваћене мајевичким рејоном, који обухвата територије општина Угљевик и Лопаре.

Мајевички рејон просторе се на сјеверним, сјевероисточним обронцима истоимене планине, на површинама са надморском висином између 240 m и 700 m. На еутричном камбисолу и вертисолу општине Угљевик, доминирају састојине китњака и цера (*Quercetum petraeae-cerris*), на нижим и топлијим експозицијама. На супротној хладнијој страни, на територији општине Лопаре, заступљене су шуме китњака и обичног граба (*Quercus-Carpinetum*). На вишим надморским висинама ове заједнице постепено прелазе у ацидофилне шуме букве (*Luzulo-Fagetum*), а спорадично се јављају и неутрофилне букове шуме (*Fagetum montanum illyricum*). Заједнице букве и јеле (*Abieti-fagetum*), заступљене су на највишим надморским висинама Мајевичког рејона и често су изолованог, острвског простирања. Јављају се спорадично а најзаступљеније су у подножју врха Међедник, на Мајевици.

Крајњи јужни, југозападни дио општине Лопаре, којим доминира мајевички гребен са сјеверном подгорином Мајевице, припада перипанонској провинцији, односно њеном сјеверозападном, босанском подручју. На овом уском појасу који припада општини Лопаре заступљене су шуме букве (*Fagetum montanum*). Са падом надморске висине рељефа, букове шуме се смјењују шумама китњака (*Quercetum petrae montanum*) као и заједницама китњака и обичног граба.

Према Реџићу, Барудановићу и Радовићу (Redžić, Barudanović, & Radević, 2008) дефинисани простор истраживања припада рејону перипанонских и панонских пејзажа Босне и Херцеговине. Под утицајем континенталног климата, на силикатној подлози, са доминантним псеудоглејним и илимеризованим

земљиштима развијају се листопадне шуме хрстова и перипанонских букви. Перипанонским пејзажима БиХ припадају екосистеми: граба и лужњака, китњака и цера, сладуна и цера, екосистеми ацидофилне букве. Посебно се издвајају деградирани екосистеми: хигромезофилне ливаде, ацидофилне ливаде росуља (*Drosera*) и власуља (*Festuca pratensis*), екосистем класача (*Bromus*). Посебно су издвојени агроекосистеми настали трансформацијом аутохтоне вегетације при чему се издвајају: екосистеми обрадивих површина (житарица и повртарских култура), воћњаци, напуштена станишта уз путеве и насеља и рурални екосистеми.

Карактеристични панонски пејзажи Босне и Херцеговине заступљени су на крајњем сјеверу у долини ријеке Саве. То је заравњени простор алувијалних равни, са надморском висином до 200 m. Хидрогеолошки услови, хидроморфна и аутоморфна тла, као и заравњен до благо таласаст рељеф, допринијели су стварању јединствених панонских пјезажа и развоју карактеристичних екосистема. На овом простору издвајају се шуме врбе и тополе у зони непосредно уз ријеке Саву и Дрину, екосистеми поплавних врба, шибљасте грмолике врбе (*Salix purpurea*) и кошарасте врбе (*Salix viminalis*), заједнице црне и бијеле тополе (*Populetum nigre-albae*), екосистеми хрста лужњака са бијелом липом, екосистеми хрста лужњака и пољског јасена, екосистеми хидрофилних и еутрофилних ливада, екосистеми мочварних трава (*Molinia caerulea*), екосистеми шаша и трстика и екосистеми приобаља великих ријека (Сава, Дрина).

Будући да је на овом простору најраспрострањенија пољопривредна производња, велику заступљеност имају измјењени екосистеми попут: обрадивих површина, урбаних површина и рурални екосистеми (Redžić, Barudanović, & Radević, 2008). У протеклом периоду нарочита пажња је посвећена урбаној флори Бијелине. Аутори Петронић, Лубарда, Братић и Максимовић (2021) су на овом простору идентификовали 442 врсте васкуларних биљака. Утврђено је да су најзаступљеније хемикриптофите у износу 38,5 %, а значајан удио имају и терофите са 33%, затим и геофите са 9,8 %. Услјед интензивне трансформације екосистема, истиче се велика заступљеност алохтоних, инвазивних врста, међу којима је идентификовано 28 врста, од укупно 50 забиљежених инвазивних врста на простору БиХ (Петронић, Лубарда, Братић, & Максимовић, 2021).

9.6.2. Фауна

Истраживани простор Семберије са околином припада јужним рубним дијеловима Панонске низије. За овај простор карактеристичне су барске и мочварне хигрофилне и термофилне животиње, карактеристичне за равничарске просторе. Према својим одликама ове врсте припадају фауни Панонске низије, односно Централне Европе. Карактеристичне врсте су: вук (*Canis lupes*), лисица (*Vulpes vulpes*), дивља свиња (*Sus serofa*), зец (*Lepus europaeus*), јазавац (*Meles meles*), срна (*Capreouls capreolus*), јелен обични (*Cervus elaphus*) волухарице (*Migrotus agrestis*).

Ово је и простор изузетног богатства орнитофауне, а нарочито се издвајају: врана гачац (*Corvus frugilegus*), бјелобрада чигра (*Chlidonias hybrida*), кашикара (*Platalea leucordia*), фазан (*Phasiqunus cholcius*), обични мишар орао (*Butar butar*), дивља патка (*Anatidae*), еја мочварица (*Circus aeruginosus*), јаребица (*Perdix perdix*) и друге. Поред орнитофауне, Семберија се одликује значајном разноликошћу и великим бројем различитих врста водоземаца и гмизаваца. На овом простору присутне су и заштићене врсте инсеката, нарочито у долини Дрине, као и значајне и ријетке врсте ихтиофауне.

Примјерци ихтиофауне су: шаран (*Cyprinus caprio*), кечига (*Acipenser ruthenus*), смуђ (*Sander lucioperca*), пастрмка (*Salmonidae*), бабушка (*Carassius gibelio*), сом (*Silurius glanis*), шкобал (*Chondrostoma nasus*), клен (*Squalius cephalus*) и др. Међу примјерцима ихтиофауне издвајају се заштићена и угрожена врста рибе, мргуда (*Ubra krameri*) која настањује мочварно станиште „Громижељ“, као и младица (*Hucho hucho*), риба карактеристична за воде Дрине. Херпетофауни Семберије припадају: барске корњаче (*Emys orbicularis*), ендемска врста панонски крестасти водењак (*Triturus dobrogicus macrosoma*), даждевњак (*Salmandra*), чешњарка или напухњача (*Peleobates fuscus*), смеђа жаба крастача (*Bufo bufo*), жути мухач (*Bombina variegata*), велика зелена жаба (*Paleophylax ridibundus*), гаталинка (*Hyla arborea*), црвенотрби мукач (*Bombina bombina*), мали водењак (*Lissotriton vulgaris*), мала зелена жаба (*Phelophylax lessonae*), сљепић (*Anguis fragilis*), обични зелембаћ (*Lacerta viridis*), шарка (*Vipera berus*), рибарица (*Natrix tessellata*), смук (*Zamenis longissimus*), смукуља (*Coronella austriaca*) и друге врсте.

9.6.3. Заштићена подручја

У сјевероисточном дијелу Семберије налази се заштићено подручје IV категорије заштите, заштићено станиште Громижељ. Ово подручје простире се на површини од 831,3 ha а статус заштите има од 2011. године када је првобитно проглашено посебним резерватом природе категорије *Ib* (SEECO, 2020). У фебруару 2018. године Влада Републике Српске донијела је Одлуку о проглашењу подручја Громижељ (Службени гласник Републике Српске 19/18, 2018), заштићеним стаништем. Станиште обухвата дијелове територија насеља Велино Село, Балатун и Бродац. Громижељ је природно станиште ријетке и угрожене врсте рибе, мргуда (*Umbra krameri*). Мргуда је под строгим режимом заштите према ИУЦН (*IUCN*) категоризацији угрожених врста. На овом простору регистроване су 104 врсте птица, од чега 43 са статусом строго заштићених и седам заштићених врста птица према Бернској конвенцији (Stanković, 2014/16). Овај низијски мочварни екосистем је природно станиште бројних биљних врста. Шумску вегетацију чине шуме јове и грмолике барске врбе. Барска врба припада категорији угрожених шумских заједница Босне и Херцеговине (Avdibegović, Brajić, Marić, & Већировић, 2018). Ова шумска заједница коегзистира са вегетацијом зељастих биљки трске, рогоза и шашевима. Према Станковићу (Stanković, 2014/16, str. 40), шума јове (*Alnetum glutinosae*) на овом простору представља реликтну биљну заједницу која води поријекло из периода хладније и влажније климе, холоцена и плеистоцена. На овом простору присутно је више од четири стотине биљних врста, папрати и голосјеменица. Нарочито се истичу реликтне и ендемске врсте, мочварне жаре (*Urtica ciovensis*), мочварна папрат (*Thelypteris palustris*), мочварна ребратица (*Hottonia palustris*), мочварна водопивка (*Zanichellia palustris*), жути локвањ (*Nuphur lutea*). Међу представницима орнитофауне издвајају се еја мочварица (*Circus aeruginosus*), црна рода (*Ciconia nigra*), црвена чапља (*Ardea purpurea*) и мала бијела чапља (*Egretta garzetta*).

У границама истраживаног простора, на територији општина Угљевик, Лопаре и Града Бијељина, према Просторном плану Републике Српске (Нови урбанистички завод Републике Српске, 2013) планирано је проглашење још два заштићена подручја. Заштићено подручје Парк природе „Мајевица“ који ће се

простирати на дијеловима територија: општина Угљевик, Лопаре и градова Бијељина и Зворник. Парком природе биће обухваћено и насеље Горња Крћина, са Новаковом пећином и водопадом Скакавац. Поред тога, на територији Града Бијељина, планирано је проглашење заштићеног подручја IV категорије, односно подручја управљања стаништем. Заштитом ће бити обухваћене шуме храста лужњака на територији насеља Остојићево у Бијељини. Шумско-привредном основом за шуме у приватној својини на подручју града Бијељина (Шума план, 2017) идентификовано је више значајних природних добара: бања Дворови са околином (бањски парк), планирано подручје управљања стаништем „Шуме сладуна“, липа у Карађорђевој улици (Бијељина), рекреативно подручје „Пет језера“ (Дирекција за изградњу и развој града Бијељина, 2020). Планирана подручја под заштитом су парк природе „Сава–Дрина“, Парк природе „Мајевица, Парк природе „Сава-Дрина“ (Нови урбанистички завод Републике Српске, 2013), бијељински градски парк, стари дрвореди у Бијељини, парк шуме и заштитне шуме на подручју града, подручје од значаја за заштиту биодиверзитета поплавних низија ријеке Саве. Једино заштићено подручје у Семберији је заштићено станиште „Громижељ“ (Дирекција за изградњу и развој града Бијељина, 2018).



Слика 24. Лакетића вир, Громижељ (RZZZ KIPN, 2020)

9.7. ЗЕМЉИШНИ ПОКРИВАЧ

Предјели на Земљи су изложени константним промјенама. Узроци трансформације су разнолики а најчешће се испољавају кроз промјену структуре и функционалних односа у предјелима. Природни фактори су базични јер утичу на формирање и фундаментално обликовање структуре предјела. Базични фактори

континуираног просторног обликовања у одређеним околностима могу бити модификовани под утицајем човјека. Физичко-географска својства неке географске средине, одређена су специфичним и јединственим условима који обликују дату средину попут: рељефа, надморске висине, хидрографске мреже, земљишта, вегетације и природних станишта и изграђене инфраструктуре. Човјек својим активностима утиче на просторно-функционалну трансформацију и промјену просторних образаца у специфичној географској средини. Промјене у структури и функцијама неког простора могу се идентификовати на основу уочених физичких промјена у простору, испољену просторним односима између елемената који су носиоци функционалног и физиономског обликовања географске средине.

Управљање животном средином обухвата идентификацију природних и антропогених фактора трансформације земљишног покривача, односно, начине коришћења земљишта и коришћења природних ресурса у цјелини. Стање физичко-географских елемената у површинском слоју земље испољава се у виду земљишног покривача, док се начин коришћења земљишта односи на „све активности које људи предузимају ради одржавања или измјене земљишног покривача“ (Stahlschmidt, Swaffield, Primdahl, & Nellesmann, 2017, стр. 33).

Интегралне геопросторне анализе представљају основу за идентификацију потенцијалних конфликтних односа који настају као резултат просторног преклапања између опречних друштвених функција. Анализа и адекватна валоризација земљишног покривача треба да предупреду стихијски просторни развој и допринесу разрјешењу конфликтних просторних односа, дајући предност одрживом развоју. Отуд је анализа земљишног покривача на простору Семберије, полазиште у примјени бројних метода геоеколошког вредновања и заштите природних потенцијала. Ове методе користе се у даљем поступку као средство идентификације оних варијанти коришћења земљишта које ће остварити позитиван утицај и обезбиједити заштиту природних потенцијала.

9.7.1. Резултати анализе земљишног покривача

Земљишни покривач на простору истраживања који обухвата Град Бијељину и општине Угљевик и Лопаре, анализиран је коришћењем Корин базе о земљишном покривачу (*Corine Land Cover*) (ПРИЛОГ 11). Корин база података је настала у

оквиру Корина програма истраживања, којом управља Европска агенција за животну средину (*European Environmental Agency, EEA*). Програмом је обухваћена инвентаризација земљишног покривача заснована на класификацији и интерпретацији сателитских снимака од стране националних тимова, земаља чланица Европске економске заједнице и партнерских земаља, међу којима је Босна и Херцеговина. Корин база података обухвата земљишни покривач и начин коришћења земљишта. Класификацијом земљишног покривача обухваћена су три хијерархијска нивоа детаљности. Први ниво чини пет класа, други ниво детаљности обухвата 15 подкласа и трећи хијерархијски ниво чине 44 субкласе земљишног покривача (Büttner, et al., 2021).

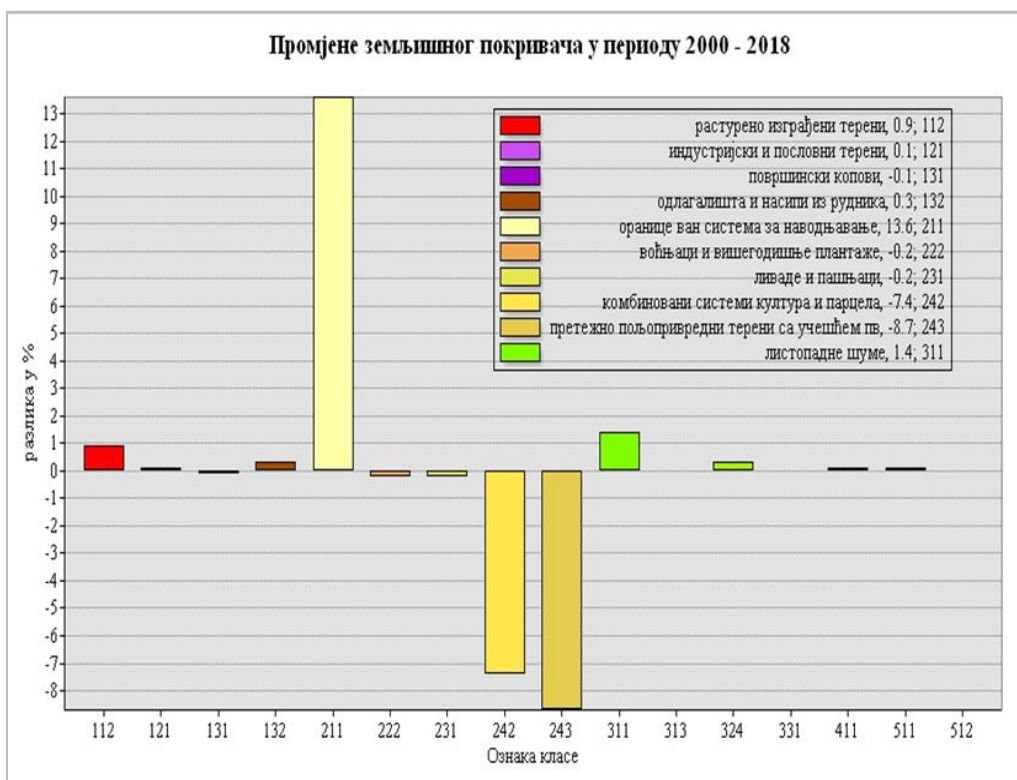
Табела 23. Површине према класама земљишног покривача у 2000 (CLC2000), 2018 (CLC2018) и промјена 2000-2018 година

| ознака | класа земљишног покривача | P ₂₀₀₀ | P ₂₀₁₈ | R | P ₂₀₀₀ | P ₂₀₁₈ | R |
|--------|---|-------------------|-------------------|--------|-------------------|-------------------|------|
| | | km ² | | | % | | |
| 112 | растурено изграђени терени | 31,7 | 42,6 | 10,9 | 2,6 | 3,5 | 0,9 |
| 121 | индустријски и пословни терени | 2,3 | 3,1 | 0,8 | 0,2 | 0,3 | 0,1 |
| 131 | површински копови | 7,0 | 5,6 | -1,3 | 0,6 | 0,5 | -0,1 |
| 132 | одлагалишта и насипи из рудника | 0,0 | 3,2 | 3,2 | 0,0 | 0,3 | 0,3 |
| 211 | оранице ван система за наводњавање | 270,0 | 433,0 | 163,0 | 22,4 | 36,0 | 13,6 |
| 222 | воћњаци и вишегодишње плантаже | 11,1 | 8,1 | -3,0 | 0,9 | 0,7 | -0,2 |
| 231 | ливаде и пашњаци | 4,0 | 1,1 | -2,9 | 0,3 | 0,1 | -0,2 |
| 242 | комбиновани системи култура и парцела | 377,4 | 288,4 | -89,0 | 31,4 | 24,0 | -7,4 |
| 243 | пољопривредни терени са високим учешћем природне вегетације | 187,0 | 82,7 | -104,2 | 15,5 | 6,9 | -8,7 |
| 311 | листопадне шуме | 290,0 | 306,3 | 16,3 | 24,1 | 25,5 | 1,4 |
| 313 | мјешовите шуме | 0,3 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 324 | прелазни шумско-жбуновити екосистеми | 10,3 | 13,8 | 3,5 | 0,9 | 1,1 | 0,3 |
| 331 | плаже, дине и пјешчане равнице | 0,5 | 0,9 | 0,4 | 0,0 | 0,1 | 0,0 |
| 411 | копнене мочваре | 1,6 | 2,9 | 1,3 | 0,1 | 0,2 | 0,1 |
| 511 | водотоци | 9,0 | 10,1 | 1,1 | 0,7 | 0,8 | 0,1 |
| 512 | водена тијела | 0,5 | 0,4 | -0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| укупно | | 1202,6 | 1202,6 | 0 | 100 | 100 | 0 |

легенда: P2000 – површина земљишта у 2000. години; P2018 – површина земљишта у 2018. години, R – промјена 2018. у односу на 2000. годину

За потребе анализе промјена земљишног покривача и намјене земљишта на простору Семберије са подмајевичким крајем, коришћена је база података за 2000. годину (European Environment Agency, 2019a) и база података за 2018. годину (European Environment Agency, 2019b). Према подацима за 2000. годину на простору Семберије највећу површину заузимао је класа комбинованих система култура и парцела која је обухватала 377,4 km² или 31,4% површине (Табела 23). Листопадне шуме у 2000. години заузимале су површину од 290 km² или 24,1% територије. Оранице ван система наводњавања заузимале су 270 km² или 22,4%. Претежно пољопривредни терени са високим учешћем природне вегетације заузимали су 187 km² или 15,5%. Растурено изграђени терени у 2000. години заузимали су површину од 31,7 km² или 2,6% површине.

У 2018. години највећу површину заузимале су оранице ван система за наводњавање, распрострањене на 433 km² или 36% површине. Комбиновани системи култура и парцела заузимали су 288,4 km² или 24% површине. Листопадне шуме у 2018. години заузимале су 306,3 km² или 25,5%. Растурено изграђени терени заузимали су 42,6 km² или 3,5% територије. Према уоченом стању за 2018. годину највећи удио имале су пољопривредне површине које су заузимале, 814,2 km² или 67,7% површине земљишта. Највеће распрострањење имале су оранице и комбиновани системи култура и парцела. Поред пољопривредних површина, укупно 26,6% површине земљишта заузимале су шуме, а највећи удио имале су листопадне шуме.



Слика 25. Промијене у намјени земљишта у периоду 2000–2018

Трансформација земљишног покривача и промијене у намјени земљишта уочавају се компарацијом издвојених података о земљишном покривачу у 2000. и 2018. години. Током овог периода најинтензивнија трансформација земљишног покривача одвијала се у класи пољопривредног земљишта (Слика 25). Оранице ван система за наводњавање су у 2000. години заузимале 270 km^2 или 27000 ha , а у 2018. години је покривеност ораничним површинама износила 433 km^2 или 43300 ha , чиме је остварено ширење ораничних површина за 163 km^2 односно повећање за 14% у односу на 2000. годину. Значајне промијене одвијале су се и у класи пољопривредних терена са високим учешћем природне вегетације, гдје је у периоду од 2000. до 2018. године дошло до смањења ових површина за $104,2 \text{ km}^2$ или 8,7%. Значајно смањење у износу 89 km^2 или 7,4% забиљежено је у класи комбинованих система култура и парцела. У класи шума дошло је до ширења површина под шумама за $16,3 \text{ km}^2$ или 1,4 %. Удио прелазне шумско-жбуновите вегетације повећан је за $3,5 \text{ km}^2$ или 0,3%. У 2018. години повећан је удио изграђених, урбаних површина за 11 km^2 у односу на 2000. годину. У истом периоду дошло је до смањења површина под ливадама и пашњацима за $2,9 \text{ km}^2$, смањења површина

површинских копова за 1,3 km² и узурпације земљишта за потребе рудног јаловишта и изградње рударских насипа на површини од 3,2 km².

9.7.2. Резултати теренског прикупљања података о земљишном покривачу

У периоду од 04. јула 2021. до 14. августа 2021. године, ауторка је вршила теренско истраживање и прикупљање података о земљишном покривачу. Циљ истраживања био је прецизнија идентификација намјене земљишних површина унутар различитих класа Корин базе земљишног покривача. Обзиром на значај пољопривредних активности за цијели простор истраживања, највећа пажња посвећена је класи пољопривредног земљишта са субкласама.

За потребе прикупљања података кориштен је ГПС уређај СМ-Г925Ф (*SM-G925F*), са максималном прецизношћу ± 3 m и апликација Офлајнмепс (*OfflineMaps*). Примijeњене су методе опсервације и дигиталног уноса и похрањивања података о земљишном покривачу на различитим локацијама на територији општина Угљевик и Лопаре и на територији Града Бијељине. Помоћу ГПС уређаја утврђен је географски положај за сваку локацију и унесени подаци о заступљеним културама и вегетацији на датој локацији. Добијени подаци упоређивани су са подацима из Корин базе података о земљишном покривачу за 2018. годину. Инвентаризација земљишног покривача на 668 локација омогућава допуну Корин базе података на простору истраживања и потенцијалну идентификацију четвртог хијерархијског нивоа детаљности у оквиру раније дефинисаних класа земљишта. На забиљеженим локацијама могуће је присуство парцела са два или више типова покривача у оквиру једне парцеле дефинисане Корин базом података.

Табела 24. Типови култура унутар дефинисаних класа земљишног покривача
Корина

| класа земљишта | N | заступљене пољопривредне површине | | | | | | |
|----------------|---|-----------------------------------|---------|-------|------------|--------|--------|----|
| | | рагарске културе | воћњаци | баште | пластеници | укупно | остало | |
| 112 | растурено изграђени терени | 42 | 19 | 6 | 8 | 8 | 41 | 1 |
| 121 | индустријски и пословни терени | 5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 |
| 131 | површински копови | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 211 | оранице ван система за наводњавање | 234 | 190 | 11 | 22 | 7 | 230 | 4 |
| 222 | воћњаци и вишегодишње плантаже | 22 | 3 | 18 | 0 | 0 | 21 | 1 |
| 242 | комбиновани системи култура и парцела | 310 | 180 | 84 | 12 | 15 | 291 | 19 |
| 243 | претежно пољопривредни терени са високим учешћем | 21 | 16 | 4 | 0 | 0 | 20 | 1 |
| 311 | природне вегетације | 15 | 11 | 2 | 0 | 0 | 13 | 2 |
| 324 | листопадне шуме прелазни шумско- жбуновити екосистеми | 10 | 3 | 7 | 0 | 0 | 10 | 0 |
| Σ | | 662 | 426 | 132 | 42 | 30 | 630 | 32 |

легенда: N - број тачака у датој класи земљишног покривача; једна локација може садржати више култура на мањим парцелама;

Према подацима добијеним теренским истраживањем и инвентаризацијом земљишног покривача (Табела 24) уочава се да највећу заступљеност на цијелом простору имају ратарске културе које су присутне на 423 забиљежене локације или на 70% локација, а затим слиједе воћарске културе које су заступљене на 130 локација или на 21% од укупно забиљежених локација. Баште су заступљене на 71 локацији или код 11% анализираних локација. Пластеници имају најмање распрострањење а заступљени су на 30 локација или 4% у односу на укупни узорак. У зависности од класе земљишног покривача, на више локација присутни су

уситњени посједи (унутар класе 242 и 243) на којима је забиљежено више различитих култура. Најчешће се јављају комбиноване баштенско-пластеничке културе и воћњаци, или баштенске културе са мањим парцелама ратарских култура.



Слика 26. Воћњаци јабуке у Тутњевцу, Угљевик (13. 8. 2021)



Слика 27. Воћњаци шљиве у Пирковцима, Лопаре (13. 8. 2021)

На основу података о локацији сваке маркације, омогућено је поређење забиљежених података о вегетацији у односу на класе земљишног покривача дефинисане Корин базом података. У класи вјештачких површина, растурено изграђених терена, забиљежене су 42 локације. Поред изграђених површина у овој класи су забиљежене зелене површине, при чему је идентификовано 19 локација са ратарским културама, на шест локација присутни су воћњаци. Баште су забиљежене на осам локација. На осам локација забиљежени су и пластеници. Ова класа одликује се изграђеним и гушће насељеним површинама између којих се

налазе мање парцеле са различитим културама, међу којима су најзаступљеније ратарске културе са 46,3%, а затим слиједе баштенске и пластеничке културе које су заступљене на 40% локација у овој класи земљишног покривача. Воћњаци су заступљени на 14,6% локација унутар ове класе земљишта.

Семберија се одликује низијским тереном са повољним условима за насељавање, па присуство мањих пољопривредних површина унутар класе растурено изграђених терена указује на већу уситњеност парцела и потенцијалне конфликте у намјени земљишта, између функције становања и функције производње хране. Изграђене површине у руралном дијелу Семберије најчешће су дисконтинуиране мањим пољопривредним парцелама на којима се у 46% случајева узгајају житарице, док код 39% случајева (локација) на парцелама преовлађују баштенске и пластеничке културе. Воћњаци су у овој класи земљишног покривача на слободним површинама заступљени у мањој мјери и јављају се у 15% случајева.



Слика 28. Комбинована пољопривредна производња у Даздареву, у Бијељини (3. 7. 2021)

У класи вјештачких површина, индустријских и пословних терена, картиране су четири локације на којима су забиљежене мање површине са ратарским културама. Анализом локације датих тачака и преклапањем са картографским слојевима класе 121 из Корин базе података, уочава се периферни размјештај ратарских површина, у граничној зони дефинисане парцеле, а према сусједним класама пољопривредног земљишта. У класи површинских копова унесене су три локације, без присуства вегетације.

Класом пољопривредног земљишта, оранице без система за наводњавање, обухваћене су 234 локације. Унутар ове класе 230 локација садржало је податке о пољопривредном земљишту. На 190 локација или у 82,6% случајева присутне су ратарске културе, а затим баштенске културе са 10% и пластеници на 3%. Воћњаци су били заступљени у 4,8% случајева. Међу ратарским културама највећу заступљеност има кукуруз који је забиљежен на 126 локација или у 66,3% случајева, пшеница је забиљежена на 48 локација или у 25,3% случајева. Обје културе заступљене су на 11 локација. На осталим локацијама јављају се појединачно или у комбинацији са другим ратарским културама међу којима су најзаступљеније: луцерка која је забиљежена на 11,6% локација и јечам који је присутан на 6% локација. Остале културе у овој класи земљишта присутне су у мањој мјери а заступљене су зоб, раж, дуван, соја и сирак.

У класи пољопривредног земљишта, воћњаци и вишегодишње плантаже, идентификоване су на 22 локације. На 21 локацији регистроване су пољопривредне површине. На 18 локација или 86% случајева, у овој класи присутни су воћњаци, док су на три локалитета идентификоване ратарске културе. Међу воћарским културама, засади шљиве су присутни на 15 локација или 77,8% случајева, засади крушке идентификовани су на двије локације у овој класи, док се јабука јавља на једној локацији самостално а на једној у комбинацији са засадима шљиве.



Слика 29. Површине под пшеницом у Новом, Бијељина (5. 7. 2021)



Слика 30. Површине под кукурузом у Бродцу, Бијељина (4. 7. 2021)

Класа комбинованих система култура и парцела, обухватила је 310 локација. У овој класи земљишта, на 291 локацији регистроване су пољопривредне културе. Од ове групе на 180 локација или 62% случајева регистроване су ратарске културе, на 84 локације или у 29% случајева регистроване су воћарске културе. Баште и пластеници су У овој класи земљишног покривача баште су заступљене на укупно 12 локација, а пластеници на 15 локација. Међу ратарским културама кукуруз је заступљен у 70% случајева, од чега се на 11 локација или код 9% случајева налази на мањим парцелама у комбинацији са другим, најчешће ратарским културама. Поред кукуруза, на 21% локација забиљежена је дјетелина, а пшеница на 12% локација. Међу воћњацима најзаступљенија је шљива, која је заступљена на 73% локација са воћарским културама, а затим јабука са 16%. Од 84 локације са воћарским културама, на седам локација је забиљежено више од једне воћарске културе. Поред шљиве и јабуке, регистровани су засади крушке на четири локације и трешње на пет локација, а најчешће присутни мјешовити засади су са јабуком.

У класи пољопривредног земљишта са високим учешћем природне вегетације забиљежена је 21 локација. На овом простору на 16 локација присутне су ратарске културе, кукуруз и дјетелина, а заступљене су и мање парцеле пшенице и соје. На четири локације забиљежене су парцеле са воћњацима, јабуке и шљиве. У класи према Корини дефинисаној као листопадне шуме, поред шумске вегетације, на 11 локација забиљежено је присуство ратарских култура, кукуруза и луперке, док су

воћњаци били присутни на двије локације. У класи прелазних шумско-жбуновитих екосистема забиљежено је десет локација. На седам локација су регистроване мање парцеле са воћњацима шљиве, док су на три локације регистроване ратарске културе, дуван и сунцокрет.

Према добијеним подацима, највећи број локација са ратарским културама забиљежен је у класи ораница ван система за наводњавање са 44,6% и у класи комбинованих система, култура и парцела гдје је забиљежено 42,3% од укупног броја ратарских култура. Воћарске културе, поред класе воћарских култура и вишегодишњих засада, највећу заступљеност имале су такође у класи комбинованих култура и парцела. У класи комбинованих система култура и парцела регистровано је 64,3% од укупног броја локација са воћњацима. Класа комбинованих култура и парцела представља и најосјетљивију класу за идентификацију земљишног покривача даљинском детекцијом. Због велике уситњености посједа, диференцијација различитих класа земљишног покривача и идентификација намјене површина су знатно отежане. Јавно доступни сателитски снимци због своје резолуције, не могу адекватно одговорити на сложене задатке идентификације земљишног покривача на мањим парцелама. Тек интеграцијом теренских истраживања са доступним снимцима веће резолуције, могуће је прецизније одредити земљишни покривач мањих парцела унутар већих Корин класа земљишног покривача и успјешније идентификовати намјену површина.

10. ГИС У ФУНКЦИЈИ ПРОЦЈЕНЕ УГРОЖЕНОСТИ ЗЕМЉИШТА СЕМБЕРИЈЕ

10.1. Угроженост земљишта Семберије од ерозије

Земљишни ресурси са производном функцијом припадају категорији темељних природних вриједности без којих људско друштво не би могло опстати. Осим производне, земљиште пружа велики број других функција попут: кружења органске материје, станишних услова за различите организме, утиче на размјену хранљивих материја, обезбјеђује филтрирање воде, условљава раст и развој вегетације, утиче на прираст биомасе и доприноси одржању биолошке разноликости на Земљи. „Плодност земљишта је одређена способношћу или капацитетом земљишта да обезбједи храну биљкама у одговарајућим количинама и пропорционално њиховим захтјевима“ (Vukadinović & Vukadinović, 2018). Ово својство земљишта настаје као резултат комплексних односа између фактора који утичу на настанак и развој земљишта.

Земљишни потенцијал је условљен унутрашњим својствима земљишта и спољним факторима попут климе, хидролошких услова, биљног покривача и начина управљања земљиштем. Продуктивност земљишта изражава се кроз принос или производњу, а представља показатељ реализоване плодности земљишта, односно земљишног потенцијала (Antić, Jović, & Avdalović, 1982). Плодност као својство земљишта се често изједначава са његовом продуктивношћу јер се овим својством интегришу унутрашња својства плодности тла са начином управљања и коришћења земљишта. Вриједност овог природног ресурса постаје нарочито очигледна у условима оскудице или смањења могућности да се обезбједи неке од функција земљишта.

Фактори који доприносе потенцијалним промјенама функционалности и смањењу производних капацитета земљишта могу бити различитог карактера. Смањење квалитета земљишта или деградација, може настати као резултат преовлађујућег дјеловања природних или антропогених фактора. Социо-економски фактор може условити повећање (агротехничке мјере, мелиорација) или смањење продуктивности тла (сјеча шума, поспјешивање процеса ерозије, заслањивање земљишта). Говорећи о деградацији земљишта, Башић (Bašić, 1994, стр. 293) пише

о нарочитој опасности оштећења тла под утицајем човјека. Деградиција земљишта под утицајем антропогеног фактора, најчешће је последица ширења човјековог животног простора, експлоатације и смањења површина под шумама, интензивне примјене агротехничких мјера, закисељавања или алкализације земљишта, примјене тешке механизације која проузрокује сабијање тла и слично. Башић (Вашић, 1994) је у класификацији оштећења земљишта дао четири индикатора деградиције: степен оштећења, врста оштећења земљишта, процес и последице оштећења земљишта. На основу ових индикатора издвојена су четири степена оштећења земљишта од слабог, осредњег, тешког до неповратног оштећења. У категорији тешких (иреверзибилних) оштећења налази се процес транслокације тла настао као последица ерозије земљишта водом.

Процес еродирања земљишта водом почиње дејством кишних капи које својом кинетичком енергијом дјелују на разарање структуре земљишта чиме се стварају предуслови за транспорт откинутих честица земљишта. Плувијална ерозија јавља се на нагнутим површинама, у условима када интензитет падавина превазилази брзину упијања воде у земљиште. Овај тип ерозије интензивира се скидањем природног вегетационог покривача чиме се уништава заштитни слој који штити земљиште од разарања изазваног интензивним падавинама.

На простору Европе најзаступљенији типови ерозије водом су површинска, браздаста, међубраздаста и јаружна ерозија. Као последице овог процеса јављају се: трајна дислокација земљишних агрегата, испирање органске материје и смањење плодности, смањење способности инфилтрације воде у земљиште, заслањивање земљишта, смањење продуктивности изражено у виду слабијег прираста биомасе и сл. Иако је ерозија природан процес којим се омогућава обликовање рељефа, на динамику овог процеса значајно утичу привредне активности попут ратарства и пашњачког сточарства. Утврђено је да је просјечна ерозивност на овим површинама до 1000 пута већа у односу на површине са природним вегетационим покривачем (FAO & ITPS, 2015, стр. 103). У извјештају ФАО организације наводи се да је просјечна стопа обнављања земљишта испод 1 t/ha годишње са медијалном вриједношћу 0,15 t/ha годишње. Процјењује се да је просјечна годишња стопа ерозивности у свијету између 12 t/ha годишње и 15 t/ha годишње, што резултира одношењем површинског слоја земљишта 0,8 mm до 1,0

mm по хектару годишње (den Biggelaar, Lal, Eswaran, Breneman, & Reich, 2003). Када је у питању европски континент, утврђено је да су највећи губици земљишта изазвани управо водном ерозијом. Просјечни годишњи губици земљишта усљед ерозије водом на простору Европе износе 2,46 t/ha годишње, односно 970 Mt годишње (Panagos, et al., 2015b). У извјештају Европске комисије наводи се да се сваки губитак земљишта већи од 1 t/ha годишње може сматрати неповратним губитком за период од 50 до 100 година. Међу најчешћим узроцима интензивирања ерозивних процеса водом наведени су: примјена неадекватне праксе у пољопривреди, уклањање шумског покривача, прекомјерна испаша, шумски пожари и урбанизација.

На простору Србије просјечан степен ерозије обрадивог земљишта износи 12–33,3 t/ha годишње (Petković, Dragović, & Marković, 1999), а значајно варира у зависности од намјене земљишта (Kostadinov, et al., 2018; Valjarević, Živković, Valjarević, Stevanović, & Golijanin, 2014). На територији Босне и Херцеговине значајнија истраживања ерозивности рађена су за потребе израде карте Ерозивности СР Босне и Херцеговине (Lazarević, 1985a) и израде њене ревидиране верзије за простор Републике Српске у БиХ у периоду од 2006. до 2015. године (Тошић, 2007; Тошић, 2008). Аутори Тошић, Каповић, Ловрић и Драгићевић (Тошић, Каровић, Lovrić, & Dragičević, 2013) су примјеном методе „*RUSLE*“ израчунали да просјечан годишњи губитак земљишта ерозијом у Босни Херцеговини износи 9,88 t/ha годишње, при чему је ерозивност већа од 10 t/ha карактеристична за 29,6% територије.

У новијем периоду, усљед интензивних промјена земљишног покривача, нарочито у брдско-планинском дијелу Босне и Херцеговине, забиљежене су значајније промјене интензитета ерозије водом. Узроци промјена најчешће су: урбанизација, сјеча шума, шумски пожари, површинска експлоатација минерала, неадекватно управљање пољопривредним површинама. Према Варалају (Varallay, 1992 у Вашић, 1994) успјешна политика управљања и заштите земљишта почива на моделу: 4М+2П, при чему су изразом М обухваћени: мјерење, мапирање (картирање), мониторинг и моделовање, док израз П означава прогнозирање и превенцију (стр. 306). Географски информациони системи примјењују се у реализацији сваке од наведених фаза управљања земљиштем. Већа заступљеност

географских информационних система и управљање националним базама података о природним ресурсима допринијели су интензивнијем развоју предикционих модела када су у питању анализе ерозивности и процјена утицаја на земљиште.

10.2. Модели за процјену потенцијалне ерозивности водом

Географски информациони системи у процјени потенцијалне ерозивности водом и процјени ризика од водне ерозије обухватају инвентаризацију података за процјену ерозивности, примјену различитих статистичких метода интерполације и просторне корелације са даљинском детекцијом и другим моделима за истраживање животне средине. Први модели за прорачун интензитета ерозије настали су у другој половини XX вијека. Међу првим и најзначајнијим моделима за процјену ерозивности земљишта водом је универзална формула за процјену губитка земљишта (*USLE, Universal Soil Loss Equation*). Модел је настао као резултат вишегодишњих истраживања које су проводиле експертске групе сачињене од универзитетских професора и стручњака из Федералних научно-истраживачких институција Сједињених Америчких Држава. Модел је формулисан 1965. године од стране „Америчког департмана за пољопривреду“ и објављен у „Пољопривредном приручнику 282“ (Wischmeier & Smith, 1965). Битна допуна претходном моделу био је Модификовани УСЛЕ модел (*MUSLE, Modified Universal Soil Loss Equation*) (Williams & Berndt, 1978; Williams J. R., 1982) којим је поред интензитета ерозије обухваћена и процјена количине седиментног наноса за појединачне случајеве интензивних падавина.

Унапређењем географских информационних система и већом доступношћу улазних података у дигиталном формату, приступило се ревизији претходних модела. Нови модел усклађен је са доступним информационим базама података чиме је олакшана аутоматизација цијелог процеса процјене потенцијалне ерозивности изазване водом. Нови модел назван је РУСЛЕ или ревидирани УСЛЕ модел (*RUSLE, Revised Universal Soil Loss Equation*). Ревидирана верзија УСЛЕ модела у комерцијалну употребу ушла је 1992. године, а 1997. године модел је публикован у „Пољопривредном приручнику 703“ (Renard K. G., Foster, Weesies, McCool, & Yoder, 1997) и постао јавно доступан за коришћење. Ова верзија је садржала значајна унапређења у односу на претходну верзију (Renard K. , Foster,

Yoder, & D.K., 1994). До данас РУСЛЕ модел остаје глобално најзаступљенији модел за процјену потенцијалне ерозивности земљишта водом (Borrelli, et al., 2021). Високу заступљеност у процјени ерозивности водом имају и модели: *WEPP, Water Erosion Prediction Project* (Laflen, Lane, & Foster, 1991; Flanagan, Ascough, Nearing, & Laflen, 2001), *SWAT, The Soil and Water Assessment Tool* (Arnold, et al., 2012), ЕПМ или модел ерозивног потенцијала (Gavrilović, Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji, 1972) и ревидирана верзија ЕПМ модела (Lazarević, 1985b; Тошић & Драгићевић, 2012).

10.3. Детерминација површина изложених процесима кишне ерозије на простору Семберије

За потребе идентификације површина склоних ерозивним процесима и процјене потенцијалног степена ерозивности кориштен је метод РУСЛЕ (Renard K. G., Foster, Weesies, McCool, & Yoder, 1997). РУСЛЕ модел користи се за идентификацију ерозивних процеса водом при чему омогућава идентификацију облика плувијалне ерозије изазвану спирањем и браздањем земљишта. Модел омогућава идентификацију и квантификацију потенцијалних ерозивних површина и предвиђање антиерозивних и мјера заштите земљишта на одређеном простору. Суштину модела чини интеграција различитих фактора: климатских, топографских, педолошких и начина коришћења земљишта, исказаних једначином

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (23)$$

гдје је: A – просјечан годишњи губитак земљишта водном ерозијом (спирање и браздање) изражен у t/ha годишње; R – фактор падавина и отицаја; K – фактор ерозивности земљишта, L – фактор дужине падине, S – фактор нагнутости падине, C – фактор земљишног покривача и намјене земљишта, P – фактор противерозивних мјера.

Ознака R представља фактор кишне ерозивности који треба да укаже на интензитет енергетске размјене између кишних капи и земљишта. Величина кишних капи утиче на интензитета падавина. Повећањем масе кишне капи, повећава се њихова брзина при слободном паду. Обзиром да је енергија тијела у покрету једнака квадрату брзине, енергија којом кишне капи дјелују на земљиште

у директној је вези са интензитетом падавина (Renard K. G., Foster, Weesies, McCool, & Yoder, 1997).

Кишни фактор за простор Семберије са подмајевичким крајем израчунат је на основу података о висини падавина у периоду од 1997–2019 године, са метеоролошких станица Бијељина (RHMZ Vanja Luka, 2022), Тузла (FHMZ, 2013-2022), Лозница и Сремска Митровица (PXMЗС, 1998-2022). Метеоролошке станице се налазе у просторном радијусу до 100 km у односу на МС Бијељина, а смјештене су на надморским висинама у распону од 305 m за МС Тузла до 81 m за МС Сремска Митровица. Подаци са метеоролошке станице Бијељина, добијени су на основу захтјева за приступ подацима упућеном Хидрометеоролошком заводу РС. Прорачун R фактора извршен је на основу модификованог Фурнијеовог индекса (*MFI, Modified Fournier Index*) (Renard & Freimund, 1994), а према обрасцу:

$$F = P^{-1} \cdot \sum_{i=1}^{12} p_i^2 \quad (24)$$

при чему је p_i средња мјесечна висина падавина, а P означава средњу годишњу висину падавина. Према препоруци аутора, за вриједности модификованог Фрунијеовог индекса веће од 55 mm, користи се образац (стр. 299):

$$MFI = 95,77 - 6,081F + 0,4770F^2 \quad (25)$$

У ГИС окружење интегрисани су векторски подаци о метеоролошким станицама и унесене њихове локације. За потребе картографске визуелизације и уноса података за калкулацију РУСЛЈЕ моделом, извршена је интерполација података о падавинама на основу четири доступне метеоролошке станице, примјеном методе пондерисаних инверзних удаљености (*IDW, Inverse Distance Weighting*). Метод пондерисаних удаљености заснива се на обрасцу (Bartier & Keller, 1996):

$$z_{x,y} = \frac{\sum_{i=1}^n z_i w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (26)$$

гдје $z_{x,y}$ означава тачку чија се вриједност утврђује, z_i контролна вриједност i -те тачке узорковања, w_i тежински коефицијент који дефинише релативну вриједност појединачно сваке тачке z_i , током поступка интерполације. Вриједност w_i биће један, за n контролних тачака, најближих тачки чија се вриједност интерполира. Ова вриједност може бити једнака и за сет контролних тачака унутар просторног

радијуса r у односу на тачку чија се вриједност интерполира. У супротном, са повећањем просторног растојања у односу на тачку која се интерполира вриједност тежинског коефицијента биће ближа нули.

Фактор ерозивности земљишта (K) је индикатор подложности земљишта ерозивним процесима и брзине отицања. Овај фактор указује на мању или већу отпорност земљишта на разарање изазвано ударима кишних капи или спирањем. Вриједност фактора зависиће од садржаја органске материје, структуре и текстуре земљишта као и његове водопропусности. Фактор K рачуна се према формули (Wischmeier & Smith, 1978; Renard K. G., Foster, Weesies, McCool, & Yoder, 1997):

$$K = \frac{[2,1 \cdot 10^{-4} \cdot (12 - OM) \cdot M^{1,14} + 3,25(s - 2) + 2,5(p - 3)]}{100} \cdot 0,1317 \quad (27)$$

при чему је: OM – удио органске материје изражен у %, s – структурна класа земљишта (1 – врло фина зрнаста, 2 – фина зрнаста, 3 – средња или крупна зрнаста, 4 – блоковска, плочаста или масивна); p – класа водопропусности (1 – врло брза пропусност до 6 – врло спора пропусност) M – фактор текстуре земљишта добијен према формули:

$$M = (m_{silt} + m_{vfs}) \cdot (100 - m_c) \quad (28)$$

m_{silt} – удио праха (0,002 – 0,05 mm) у %, m_{vfs} – удио пијеска врло fino зрнасте структуре (0,05 – 0,1 mm) у %, m_c – удио глине (< 0,002 mm). Коначна вриједност фактора K према изворном обрасцу изражава се у америчким мјерним јединицама $t \cdot acre \cdot hr \cdot (hundreds\ of\ acrefoot \cdot tonf \cdot inch)^{-1}$. За потребе конверзије у међународни систем мјерних јединица $t \cdot ha \cdot h \cdot (ha \cdot MJ \cdot mm)^{-1}$, изворни образац за прорачун K фактора је потребно помножити коефицијентом 0,1317 (Foster, McCool, Renard, & Moldenhauer, 1981).

Подаци о заступљеним типовима земљишта добијени су на основу дигитализованог исјечка из Педолошке карте Југославије, СР Босна и Херцеговина 1:50000 (Zavod za agropedologiju, 1972-1973), рекласификовану по ФАО класификацији земљишта. Подаци о својствима земљишта, структури, текстури, садржају органске материје и пропусности издвојени су на основу података из хармонизоване свјетске базе о земљиштима (FAO/IIASA/ISRIC/ISS-CAS/JRC, 2009) и коришћењем доступног прегледача „Harmonized world soil database v 1.2.“ Подаци о удјелу пијеска fino-зрнасте структуре (m_{vfs}) у земљишту израчунати су

према препорукама, о просјечној вриједности у износу 20% од укупног удјела пјесковитог садржаја (Panagos, Meusburger, Ballabio, Borrelli, & Alewell, 2014). Образац за прорачун удјела fine зрнасте структуре пијеска (Corral-Pazos-de-Provens, Domingo-Santos, & Rapp-Arrarás, 2018):

$$v = \frac{1}{5} \cdot d \quad (29)$$

при чему је v исто што и m_{vfs} - удио fine зрнасте структуре земљишта; d – укупан удио пјеска (0.05–2.0 mm) у %. Након дигитализације и векторизације карата о заступљеним типовима земљишта, сваком типу земљишта додијељена је израчуната вриједност K фактора и извршена конверзија у растерски (грид) формат.

Фактор LS представља утицај дужине и нагиба падине на ерозивне процесе спирања и браздања земљишта. Представља однос губитка земљишта ерозијом при датој дужини и нагибу падине, према губицима земљишта на стандардној УСЛЕ површини дужине 22,13 m и са нагибом од 9%, при чему се остали услови сматрају идентичним (Benavidez, Jackson, Maxwell, & Norton, 2018). Фактор дужине и нагиба падине је израчунат на основу обрасца за прорачун фактора за комплексне, мултиформне топографске површине (Moore & Burch, 1986; Moore, Turner, Wilson, Jenson, & Band, 1993; Van der Knijff, Jones, & Montanarella, 2000; Mitasova, Barton, Ullah, Hofierka, & Harmon, 2013):

$$LS = (m + 1) \cdot \left(\frac{U}{L_0}\right)^m \cdot \left(\frac{\sin \beta}{S_0}\right)^n \quad (30)$$

при чему је: U – површина уз падину по јединици ширине у m^2/m , за процјену испуста наноса; L_0 – стандардизована дужина парцеле по РУСЛЕ а која износи 22.1; m – експонент денудације (спирање) са вриједностима 0,4–0,6; n – експонент ерозивности браздањем са вриједностима 1,0–1,3; β – нагиб у радијанима; S – стандардни нагиб парцеле према РУСЛЕ, који износи 0,09. У раду су примијењене вриједности фактора $m = 0,4$ док је за експонент ерозивности узета вриједност $n = 1,3$.

Фактор C се односи на начин управљања земљиштем испољен кроз начин коришћења односно земљишни покривач. Овај фактор пореди размјеру ерозивности земљишта са специфичним условима земљишног покривача, са губицима земљишта на огољеном пољопривредном земљишту. Овај показатељ је комбиновани индикатор међузависних утицаја земљишног покривача и управљања

земљиштем (Wischmeier & Smith, 1978). Фактор C је један од најзначајнијих показатеља утицаја политике управљања земљиштем и начина коришћења земљишта на ерозивне процесе. Заснива се на идентификацији спреге утицаја између специфичног земљишног покривача и начина коришћења земљишта на кишну ерозију. Фактор управљања земљишним покривачем према РУСЛЕ моделу заснива се на субфакторима који обухватају информације о управљању земљиштем попут: претходног начина коришћења земљишта, покривеност високим растињем, површинска вегетациона покривеност, храпавост и влажност земљишта. Вриједности фактора се крећу у распону од нула до један, при чему један означава степен еродирања земљишта једнак огледној УСЛЕ парцели са огољеним пољопривредним земљиштем. Вриједности ближе нули указују на ефикаснију заштиту земљишта од кишне ерозије посредством адекватног начина коришћења земљишта.

За потребе рачунања фактора C , могуће је користити методе засноване на интеграцији оптималног количника вегетационог индекса - $NDVI$ индекса (Durigon, Carvalho, Antunes, Oliveira, & Fernandes, 2014; Rawat & Singh, 2018) или на основу литературе и доступних вриједности C фактора добијених кроз различита емпиријска истраживања за појединачне класе земљишног покривача (Fernandez, Wu, McCool, & Stöckle, 2003; Jabbar & Chen, 2005; Panagos, et al., 2015a). Према истраживањима обављеним на простору Италије (Van der Knijff, Jones, & Montanarella, 1999), заснованим на калкулацији C фактора примјеном $NDVI$ снимака, утврђене су нереално високе вриједности C фактора, нарочито за класе шума и пашњака. Установљена је и осјетљивост вегетационог индекса на водни стрес биљке, па су често површине са биљним покривачем под стресом имале ниску вриједност $NDVI$ индекса што је утицало на вриједност израчунатог C фактора. Из датих разлога, прорачун C фактора у овом раду извршен је на основу базе података о земљишном покривачу Корин 2018 (European Environment Agency, 2019b), а према вриједностима доступним у референтној литератури (Panagos, et al., 2015a). Свакој класи земљишта додијелене су вриједности C фактора приказане у Табели 25.

Табела 25. Вриједности С фактора за различите класе земљишног покривача (Jabbar & Chen, 2005; Panagos, et al., 2015a)

| ознака | класе земљишног покривача | С фактор |
|--------|---|----------|
| 112 | растурено изграђени терени | 0,00 |
| 121 | индустријски и пословни терени | 0,00 |
| 131 | површински копови | 1,00 |
| 132 | одлагалишта и насипи из рудника | 1,00 |
| 211 | оранице ван система за наводњавање | 0,32* |
| 222 | воћњаци и вишегодишње плантаже | 0,22 |
| 231 | ливаде и пашњаци | 0,09 |
| 242 | комбиновани системи култура и парцела | 0,14 |
| 243 | пољопривредни терени са високим учешћем природне вегетације | 0,12 |
| 311 | листопадне шуме | 0,0011 |
| 313 | мјешовите шуме | 0,0012 |
| 324 | прелазни шумско-жбуновити екосистеми | 0,02 |
| 331 | плаже, дине и пјешчане равнице | 0,00 |
| 411 | копнене мочваре | 0,01 |
| 511 | текуће воде | 0,00 |
| 512 | стајаће воде | 0,00 |

легенда: * калкулација извршена према обрасцу (31)

Вриједност за оранице ван система за наводњавање (211) добијена је на основу резултата теренског истраживања о заступљености ратарских култура, описаног у претходном поглављу. Коефицијент 0,32 представља средњу вриједност С фактора за најзаступљеније културе у овој класи земљишта: кукуруз, пшеница, јечам и дуван, а који су наведени у раду Панагос и др. (Panagos, et al., 2015a)

Иако има знатно мању заступљеност у односу на остале културе, дуван је унесен у калкулацију фактора за ову класу земљишног покривача због великог утицаја на ерозивне процесе. Коначно, вриједност С фактора за класу земљишта 211, оранице ван система за наводњавање, израчуната је према обрасцу:

$$C_{211} = \frac{C_k + C_p + C_j + C_d}{4} \quad (31)$$

гдје је C_{211} – вриједност С фактора за оранице ван система за наводњавање; C_k – вриједност фактора за кукуруз; C_p – вриједност фактора за пшеницу, C_j – вриједност фактора за јечам и C_d – вриједност фактора за дуван.

Фактор P или фактор конзервације представља показатељ примијењених мјера заштите земљишта од ерозије. Указује на стопу ерозивности земљишта на којем се проводе одређене мјере заштите, у поређењу са земљиштем на којем се не

примјењују никакве мјере заштите и врши обрада земљишта уз и низ падину. Примјена одговарајућих заштитних мјера у циљу спречавања ерозије, нарочито је значајна на падинама са пољопривредним земљиштем. Услјед интензивних падавина и примјене неадекватних пољопривредних мјера и коришћења овог земљишта, оно може бити изложено високом степену деградације. Мјере заштите које се најчешће примјењују су изохипсна обрада земљишта, терасирање, примјена наизмјеничних плодореда и слично. Циљ свих ових мјера је смањење отицаја воде, а самим тим смањење одношења земљишта услјед интензивних падавина. Вриједност фактора *P* (Табела 26) креће се у распону од нула до један, при чему један означава недостатак примјене било каквих мјера, док вриједности ближе нули, указују на примјену добре праксе управљања земљишта с циљем заштите од ерозије.

Табела 26. Вриједности *P* фактора (Wischmeier & Smith, 1978; Loukrakram & Oinam, 2021; Negese, Fekadu, & Getnet, 2021)

| класа земљишног покривача | Нагиб (%) | <i>P</i> | површина (km) | површина (%) |
|---------------------------|---------------|----------|---------------|--------------|
| Пољопривредно земљиште | 0-5 | 0,10 | 566,0 | 47,3 |
| | 5,1-10 | 0,12 | 107,0 | 8,9 |
| | 10,1-20 | 0,14 | 103,8 | 8,7 |
| | 20,1-30 | 0,19 | 28,3 | 2,4 |
| | 30,1-50 | 0,25 | 6,4 | 0,5 |
| | <i>s</i> > 50 | 0,33 | 0,2 | 0,0 |
| остале класе | 0-100 | 1,0 | 386,0 | 32,2 |

10.4. Резултати истраживања

За потребе анализе креирани картографски слојеви у растерском формату, са растерским ћелијама величине 25×25 m. Према обрасцу (број формуле А) извршена је мултипликација растера и креиран растер потенцијалне ерозивности земљишта Семберије са подмајевичким крајем (t/ha годишње), под утицајем плувијалне ерозије. Картографски прикази фактора *R*, *K*, *C* и *P* налази се у ПРИЛОГУ 12. Картографски приказ фактора *LS* и карта просјечних годишњих губитака кишном ерозијом, *A*, дати су у ПРИЛОГУ 13.

Вриједност фактора *R* има распон од 1637,4 до 2724,9. Најнижу вриједност *R* фактор има у централном дијелу Семберије и у правцу сјевероистока. Вриједност

фактора повећава се у правцу запада, југозапада, пратећи рељефне промјене и просјечан раст надморске висине. Највише вриједности фактор достиже на крајњем југозападу када прелази вриједност од 2700 MJ mm/ (ha·h) годишње.

Фактор ерозивности земљишта K , на простору истраживања има вриједности у распону од 0 до 0,045. Највећи фактор ерозивности имају подзолна-псеудоглејна терасна тла (LVj) или терасне прахуље, псеудоглејно обраначно тло (LVj) као и подзолно-псеудоглејна долињска тла или долињске прахуље (PDj). Ова тла најзаступљенија су на другој ријечној тераси и алувијалној равни ријеке Саве као и на првој ријечној тераси Дрине на простору између доњих токова Тавне и Јање. Најниже вриједности K фактора су трајно измијењене, изграђене површине, којима је додијељена вриједност 0. Најнижи фактор ерозивности међу пољопривредним земљиштима имају калични вертисол (VRk) и вертикални камбисол (CMv) са вриједностима 0,009 односно 0,015 $t \cdot ha \cdot h / (MJ \cdot ha \cdot mm)$, заступљени на простору Угљевичког и Лопарског басена и долини Пушковачке ријеке у Лопарама као и на простору Јабланице и Шибосничког басена. Релативно висока отпорност на ерозивне процесе са вриједношћу K фактора 0,016 одликује и еутрични вертисол (Vre), заступљен доминантно на простору Јабланице, Пипера и насеља Корај у Лопарама.

Фактор дужине и нагиба падине, LS , одликује се вриједностима у распону од 0 до 7,34. Средња вриједност LS фактора за цијели простор истраживања износи 0,022 док стандардна девијација износи 0,068. На основу наведеног уочава се доминантност благих нагиба, са изузецима у подмајевичком крају који карактеришу веће вриједности фактора. Највеће вриједности карактеристичне су за изразито стрме стране ријечних долина усјечених у мајевички масив. Ова појава је нарочито изражена у горњим токовима ријека Јање, Тавне и Лукавца (Гњице). Најниже вриједности карактеристичне су за долињска дна и већи простор Семберије који се одликује блажим нагибима терена, до 5%.

Фактор земљишног покривача, C , одликује се вриједностима у распону од 0,10 до 1. Средња вриједност фактора износи 0,17 са стандардном девијацијом 1,5. Вриједност нула додијељена је изграђеним површина и воденим површинама, будући да је начин коришћења овог земљишта трајно измијењен. Ниске вриједности фактора C карактеристичне су за шумске екосистеме, листопадне и

мјешовите шуме будући да ове површине омогућавају заштиту површинског слоја земљишта и успјешнију инфилтрацију воде у земљиште. На овај начин шуме доприносе заштити површинског слоја од разарања, спречавајући одношење земљишних честица спирањем. Вриједност фактора за листопадне шуме износи 0,0011 а за мјешовите 0,0012. Вриједност фактора *C* за пољопривредне површине налази се у распону од 0,09 за ливаде и пашњаке, до 0,32 колико износи вриједност за ратарске културе. Вриједност фактора *C* за оранице издвојена је на основу просјечне вриједности *C* фактора за ратарске културе кукуруз, пшеницу, јечам и дуван, према Панагос и др. (Panagos, et al., 2015a). Због велике заступљености површина под кукурузом и мањих површина под културама дувана, *C* фактор за ораничне површине има релативно високу вриједност.

Међу заступљеним културама на простору Семберије, највећи губици земљишта могући су на површинама са засијаним дуваном, за које вриједност *C* фактора износи 0,49. Највећа вриједност фактора карактеристична је за огољено или необрађено земљиште. На простору Семберије са подмајевичким крајем највеће вриједности *C* фактора карактеристичне су за Богутово Село у Угљевику односно простор експлоатације мрког угља као и у насељу Мезграја гдје се налази јаловиште овог рудника. На простору Бијељине у насељима Дворови и Јоховац налазе се површине са експлоатацијом шљунка за које вриједност фактора *C* износи један.



Слика 31. Засади дувана у насељу Средња Чађавица у Бијељини (5. 7. 2021)



Слика 32. Пукотине у земљишту под засадима соје у Велином селу у Бијељини, (3. 7. 2021)

Фактор конзервације, на простору Семберије и подмајевичког краја, има вриједности у опсегу од 0,10 до 1. Ниже вриједности фактора указују на успјешнију примјену заштитних мјера против ерозије на пољопривредном земљишту, док су за све остале типове земљишног покривача додијељене вриједности фактора један. Просјечна вриједност фактора P износи 0,40 при чему је стандардна девијација 0,42. Релативно високе вриједности P фактора указују на могућност унапређења заштитних мјера у пољопривреди са циљем смањења губитака земљишта плувијалном ерозијом.

Множењем вриједности растера за сваки дефинисани фактор израчуната је просјечна годишња плувијална ерозивност земљишта, на простору Семберије са подмајевичким крајем. Анализа добијених резултата је заснована на норвешкој класификацији дефинисаној у документу „Основи заштите, коришћења и уређења земљишта Републике Српске као компоненте процеса планирања коришћења земљишта“ (Пољопривредни институт РС Бања Лука, Завод за агрохемију и агроекологију, 2009, стр. 19). Према резултатима анализе, на 303,6 km² или 25,3% површине нису идентификовани ерозивни процеси (Табела 27). Према типу земљишног покривача, ово су доминантно урбане и водене површине. Овом типу припадају и текуће воде, водотоци који учествују у процесима следећег стадијума водне ерозије, флувијалној ерозији. На 888,5 km² или 73,9% површине израчуната је слаба угроженост. Слабо угрожене површине са годишњом ерозијом испод 0,5 t/ha годишње издвајају се на већем простору Семберије. Слабо изражени ерозивни

процеси на овом простору резултат су преовлађујућих утицаја благог нагиба рељефа и процеса акумулације на простору Семберије.

Степен ерозивности се повећава од истока према западу, пратећи израженије рељефне форме и већу нагнутост терена. Узевши у обзир терене без изражених ерозивних процеса и терене са угроженошћу до 0,5 t/ha годишње укупно 99,2% површине Семберије са подмајевичким крајем припада категорији слабе угрожености. Мањем интензитету ерозивних процеса услед спирања и браздања на површинама изнад 200 m надморске висине, нарочито доприноси шумска вегетација којом се обезбјеђује стабилизација тла и заштита од спирања. Уз релативно благе нагибе терена, експонираност у правцу сјевероистока, земљишни покривач и начин коришћења земљишта кумулативно доприносе смањењу ерозивних процеса на овом простору.

Средња угроженост земљишта ерозивним процесима обухвата површине са израженијом вертикалном рашчлањеношћу рељефа, чији ерозивни губици су у распону од 0,6 до 2 t/ha годишње. Ове површине су заступљене на 7,9 km² или 0,7% територије истраживања. У овој категорији угрожености налазе се пољопривредне површине лоциране на нагнутим теренима, у контактної зони према површинама са шумским покривачем. Површине средње угрожености идентификоване су у уским ријечним долинама, усјеченим у гребен Мајевице, а заступљене су у мањој мјери и у долини Лукавца (Гњице). Најизразитије површине средње ерозивности налазе се у изворишном дијелу и горњем току ријеке Јање и њених мањих притока, Милића потоку и Марковића потоку, Рупњу, Слатинском потоку, Скаковцу и другима. Средњи степен угрожености израчунат је за површине у равничарском дијелу тока Јање на територији насеља Сухо поље, Модран, Обријеж и Ченгић. Површине средње ерозивности заступљене су у долини ријеке Тавне на пољопривредном земљишту и на нагнутим долињским странама у насељу Доња Крчина. Ове површине су заступљене и у изворишном дијелу слива Лукавца, Глибинског и Слатинског потока, као и на површинама између Јеличког потока и периодичног тока Гарина вода, у општини Лопаре.

Табела 27. Површине Семберије према категоријама ерозивности

| угроженост ерозивним процесима | категорије угрожености (t/ha годишње) | површина (km ²) | површина (ha) | површина (%) |
|--|---|--------------------------------|---------------|--------------|
| без ерозивних процеса спирањем и браздањем | 0 | 303,58 | 30358 | 25,25 |
| слаба угроженост | 0,1-0,5 | 888,49 | 88849 | 73,90 |
| средња угроженост | 0,6-2 | 7,90 | 790 | 0,66 |
| висока угроженост | 2,1-8 | 2,09 | 290 | 0,17 |
| врло висока угроженост | A > 8 | 0,24 | 24 | 0,02 |

Површине високе угрожености, са годишњом ерозијом од 2,1 до 8 t/ha годишње заступљене су на 2,09 km². Идентификоване су на експлоатационим површинама, у руднику угља „Угљевик“ и на простору експлоатације шљунка у насељу Дворови. Висока угроженост ерозивним процесима утврђена је и у долини ријека Јање и Јањице у насељима Модран и Сухо Поље. Високо угрожене су површине на територији општине Лопаре, у долини Лукавца (Гњице) на територији насеља Горња Буковица, као и на у насељима Подгора, Лопаре Село, Липовице, Прибој и Јабланица. Врло висока угроженост земљишта ерозивним процесима са преко 8 t/ha годишње забиљежена је у рубним дијеловима рударског копа на територији Богутовог Села у Угљевику и рударског јаловишта у истом насељу. Врло висока ерозивност забиљежена је и у периферном дијелу напуштеног рударског копа у насељу Мезграја. Ове површине за врло великом ерозивношћу обухватају 0,24 km².

11. ГИС У ДЕТЕРМИНАЦИЈИ ПОТЕНЦИЈАЛНИХ ПЛАВНИХ ПОВРШИНА И ПРОЦЈЕНЕ УГРОЖЕНОСТИ ОД ПОПЛАВА

Поплаве припадају групи природних непогода са највећим просторним распрострањем на свијету. Према радном нацрту документа у области истраживања политика „Људи на путу непогоде: изложеност поплавама и сиромаштву у 189 земаља“ (Rentschler & Salhab, 2020), процјењује се да је 1,49 милијарди људи или 20% популације свијета, директно изложено потенцијалним ризицима од поплава, бар једном у периоду од 100 година. У уводном дијелу извјештаја наводи се да процијењена, просјечна годишња штета и директни материјални губици усљед природних непогода у свијету износе 300 милијарди долара. Поплаве као природни феномен могу проузроковати несагледиве посљедице по људе, природна и створена материјална добра.

Глобално загријавање, уз неадекватно управљање и континуирану градњу на алувијалним равнима, доприносе већој учесталости и интензивирању негативних ефеката ове природне непогоде. Процијењено је да су апсолутни финансијски губици усљед поплава у Европи увећани под утицајем просторне узурпације и прекомјерне градње на наплавним равнима ријека (Dottori, Mentaschi, Bianchi, Alfieri, & Feyen, 2023). Посљедице оваквих активности су повећана изложеност природним непогодама и нарушавање природних капацитета регулације ових појава у простору. Процјењује се да су финансијски највећи губици од природних непогода на простору Европске Уније проузроковани управо поплавама, са просјечних 7,8 милијарди евра годишње.

Сваке године је ријечним поплавама изложено просјечно 170000 људи у земљама чланицама ЕУ (Feyen, et al., 2020). Регион Југоисточне Европе припада категорији подручја високе угрожености поплавама. Само у поплавама које су се догодиле усљед обилних падавина на простору Западног Балкана, у периоду од 14. до 19. маја 2014. године, причињена је материјална штета од 3,5 милијарди долара, на простору Босне и Херцеговине и Републике Србије. Екстремни климатски услови изузетне влажности током маја мјесеца, утицали су да се на овом простору, током само два дана, излучи 50% просјечне висине падавина за цијели мјесец мај (Stadtherr, Coumou, Petoukhov, Petri, & Rahmstorf, 2016). Према извјештају Међународне федерације друштва Црвеног крста и Црвеног полумјесеца

(International Federation of Red Cross And Red Crescent Societies, 2014), мајским поплавама у Босни и Херцеговини је изложено око милион људи док је забиљежени број жртава износио 25. Процијењено је да су поплаве погодиле 75000 кућа од чега је 25000 претрпјело значајна оштећења или потпуно разарање. Међу градовима који су претрпјели највећа оштећења у Босни Херцеговини налазио се Град Бијељина. Опасност и изложеност овој природној непогоди изискује потребу за адекватном процјеном ризика и ефикаснијом примјеном превентивних мјера у циљу спречавања људских губитака и оштећења или разарања природних и створених добара.



Слика 33. Поплаве у Бијељини, Етно село „Станишић“, мај 2014 (Ninković, B., 2021)



Слика 34. Поплаве у Бијељини, мај 2014 (Bijeljina Danas, 2018)

Поплаве као природни феномен припадају групи хидрометеоролошких непогода, а настају као резултат атмосферских и хидролошких процеса који за последице имају губитке живота или тјелесне повреде, губитке имовине, социо-

економске поремећаје и деградацију животне средине. Угроженост поплавама је резултат природних (еколошких), економских, социјалних фактора, а који могу допринијети већој осјетљивости друштва на утицаје природних непогода (UN Office for Disaster Risk Reduction, 2008). Процјена ризика подразумијева примјену специфичне методологије у циљу одређивања природе и опсега ризика кроз анализу непогоде, анализу изложености и процјену фактора угрожености становништва, њихове имовине и животне средине од које зависе (UN, 2004a; UN, 2009).

Свеобухватна процјена ризика од поплава почива на процјени вјероватноће јављања непогоде и процјени њених потенцијалних посљедица. Заснива се на: анализи утврђивању одлика и учесталости јављања природне непогоде и процјени угрожености неког простора и друштвене заједнице од опасности изазваних непогодом. Процјена угрожености обухвата физичку изложеност и друштвену осјетљивост (угроженост). Према Кардони и др. (Cardona, et al., 2012), док изложеност природној непогоди представља број људи или добара који могу бити физички угрожени поплавама, осјетљивост представља подложност, предиспозицију изложеног елемента (друштва) да поднесе и адекватно управља у случајевима изложености природним непогодама.

Осјетљивост (*sensitivity, susceptibility*) је значајна мјера способности система управљања ризицима од природних непогода и представља кључни фактор редукације потенцијалних штетних посљедица које природне непогоде могу изазвати. Овај фактор спада у категорију промјенљиве, а зависи од потенцијала и способности друштва да поднесе екстремне догађаје изазване природним непогодама (Baas, Ramasamy, DePryck, & Battista, 2008). Почетна фаза у управљању ризицима од природних непогода је идентификација карактера и специфичности природне непогоде, при чему анализа обухвата учесталост, интензитет и вјероватноћу јављања дане непогоде на одређеном простору. Друга фаза обухвата процјену угрожености којом су обухваћени термини изложености и осјетљивости друштвене заједнице и материјалних добара, усљед опасности од природне непогоде. Оба елемента, хазард и угроженост (изложеност и осјетљивост), у коначници омогућавају процјену ризика од природне непогоде и ефикасну

информациону базу за виши процедурални ниво, креирање мјера за смањење ризика од природне непогоде.

Смањење ризика од природних непогода, укључујући поплаве, заснива се на примјени системских метода и пракси у анализи и управљању узрочницима природних непогода. Примјена аналитичких метода идентификације и квантификације за потребе управљања ризицима има за циљ смањење фактора изложености као и смањење социо-економске осјетљивости, кроз адекватно управљање животном средином и јачање спремности „одговора“ на потенцијалне нежељене догађаје (UN, 2009). У пракси управљања ризицима од природних непогода, највећи допринос остварује се кроз смањење осјетљивости, односно јачање отпорности и способности локалних заједница да се одупру, одговоре и опораве од посљедица опасности изазваних природним непогодама.



Слика 35. Фактори ризика од природне непогоде. Прилагођено према „Terminology on Disaster Risk Reduction“ (UN, 2004b);

ГИС у процјени ризика од поплава се примјењује у функцији квантификације основних морфометријских одлика слива и креирању неопходне геоинформационе основе за анализу хидролошких услова у сливу. Значајну примјену остварује кроз интеграцију квантитативних хидролошких модела за процјену вјероватноће и учесталости јављања великих вода. На овај начин ГИС омогућава

ефикасно креирање прогностичких модела, који су неопходни приликом израде планова за управљање ризицима од поплава. Приликом процјене фактора изложености примјењују се географски информациони системи ради идентификације, квантификације и картографске визуелизације угрожених природних и створених добара и процјењују фактори укупне изложености површина и становништва поплавама.

Осјетљивост друштва и природних добара на неком простору заснива се на процјени различитих фактора, како организације простора оличене у намјени и начину коришћења земљишта, тако и кроз различите социо-економске факторе попут густине насељености, изграђених површина у зони опасности од поплава, економског статуса становништва или кроз анализу политика и прописаних мјера. Анализе се проводе у циљу превенције или ревитализације подручја са ризиком од поплава. Географски информациони системи омогућавају интегрисање и приказ различитих података о социо-економском статусу становништва као и начину коришћења земљишта. Интегралним приказом различитих сетова географских информација омогућава се прецизнија демаркација осјетљивих подручја и пружају услови за адекватну процјену и управљање ризицима од поплава. Геопросторне технологије као информациона подлога и аналитичко-синтетски инструмент налазе вишеструку примјену за потребе објективног информисања управљачких субјеката и усмјеравање политика у области управљања ризицима од природних непогода.

11.1. Процјена угрожениости од поплава на простору Семберије са подмајевичким крајем

Семберија са подмајевичким крајем одводњава се ријеком Савом, а хидролошки је подијељена на субсливове: Лукавца (Гњице), слив Јање (Модрана), слив Тавне, непосредни слив Саве и непосредни слив Дрине. Анализа угрожениости од поплава у овом раду обухватила је субсливове бујичних водотока Лукавца, Јање и Тавне, док су непосредна, ужа сливна подручја Саве и Дрине, анализирана на основу доступних архивских података о висини поплавног таласа и простирању водоплавних површина. Непосредни сливови Саве и Дрине одликују се вјештачки измијењеним хидролошким условима у виду изграђеног каналског система, па због тога неће бити предмет детаљнијих хидролошких анализа у овом раду.

За анализу хидролошких услова и одређивање карактеристика, учесталости и вјероватноће јављања поплавних таласа коришћена је методологија професора Слободана Гавриловића (Gavrilović, 1972) за одређивање протицаја бујичних токова. Бујични токови су карактеристични по релативно ниском водостају, са мало воде или често сувим коритима током топлијег дијела године. У случају интензивних киша или усљед изненадног отапања снијега долази до нагло повећања протицаја када ови водотоци носе велике количине суспендованог наноса. Нагло надолажење високих вода изазива стварање бујичног таласа, велике разорне моћи. Чело таласа изазива снажну просторну трансформацију, често праћену рушењем дрвећа, поткопавањем обала, стварањем клизишта и одрона. „Хидролошки режими бујичних водотока одликују се великим осцилацијама у протицају, а однос између великих и малих вода може бити реда величине $Q_{\max}/Q_{\min} = 10^3$ док је код великих равничарских токова $Q_{\max}/Q_{\min} = 10$ “ (Stefanović, Gavrilović, & Вајћетић, 2014, стр. 10).

Опажања и мјерења водостаја у оваквим условима, примјеном стандардних хидрометријских метода, изузетно су отежана. Овакви токови често остају неистражени, иако имају велики утицај, како на природне потенцијале, тако и на одвијање људских активности у непосредној близини. Према дефиницији Сребреновића (Srebrenović, 1986), неистраженим токовима се сматрају они на којима не постоји мјерење протицаја или се протицај мјери у периоду краћем од 20 година. Из наведених разлога за прорачун високих вода на бујичним токовима често се користе емпиријски обрасци са различитом теоријском основом. У ову групу метода спада „Метод Гавриловића“.

За потребе коначног прорачуна протицаја великих вода према Гавриловићевом обрасцу, коришћени су подаци о бујичним кишама 100-годишње учесталости појаве, доступни у бази метеоролошких података ЕРА 5 (ERA 5) (Hersbach, et al., 2020). База се заснива на подацима о висини екстремних падавина у периоду 1989-2018 године. За одређивање утицаја метеоролошких станица у сливовима, кориштен је комбиновани метод карте изохијета (растер ЕРА 5) и Тисенових полигона (*Thiessen polygon method*) (Fiedler, 2003). Комбиновањем метода израчунат је просторни утицај сваке метеоролошке станице у сливу. Утицај метеоролошке станице представља проценат површине слива над којим дата МС

остварује преовлађујући утицај, а рачуна се према методи Тисенових полигона. За прорачун су кориштене локације МС Тузла, МС Бијељина и МС Лозница. Коначне вриједности за висину 100-годишњих бујичних киша за сваки слив појединачно добијене су према обрасцу:

$$P_{x(100)} = P_{n1} \cdot A_{n1} + P_{n2} \cdot A_{n2} + P_{n3} \cdot A_{n3} \quad (32)$$

гдје су: P_n - висина 100-годишње бујичне кише на метеоролошкој станици n према растерској карти ЕРА 5; A_n - површина утицаја у сливу за дату станицу n на основу Тисеновог полигона, изражена индексним бројем од нула до један, (нпр. за станице са утицајем на 70% површине слива, A_n ће износити 0,70).

Гавриловићев метод обухвата одређивање максималних вода путем комплекснијег повезивања параметара бујичног слива, а заснива се на базном обрасцу (Gavrilović, 1972, стр. 94-98):

$$Q_{\max(5-1500)} = A \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot W \cdot \sqrt{2g \cdot D \cdot F} \quad (33)$$

гдје је: A – коефицијент облика слива, а добија се према формули (14). Фактор S_1 – коефицијент водопрпусности подручја а добија се према обрасцу:

$$S_1 = 0,4 \cdot f_p + 0,7 \cdot f_{pp} + 1 \cdot f_{np} \quad (34)$$

гдје је: f_p – удио површине слива који чине изразито водопрпусне стијене, f_{pp} – удио површине слива који чине стијене средње водопрпусности, f_{np} – удио површине слива који чине стијене слабе водопрпусности. Фактор S_2 – коефицијент вегетационог покривача који се рачуна према обрасцу:

$$S_2 = 0,6 \cdot f_s + 0,8 \cdot f_t + 1 \cdot f_g \quad (35)$$

гдје су: f_s – удио површине слива под шумама и шикарама, f_t – удио површине слива под травнатим покривачем, ливадама, пашњацима, воћњацима, f_g – удио површине слива под голетима, ораницама и земљиштем без трајне вегетационе заштите. Фактор W – фактор ретенције у дотицају вода од јаких киша или интензивног и наглог топљења снијега у сливу изражен у m^2/km . Добија се према обрасцу:

$$W_{(5-1500)} = y \cdot \frac{h^2}{L} \cong h \cdot (15 - 22 \cdot h - 0,3 \cdot \sqrt{L}) \quad (36)$$

при чему је: y – корелациони коефицијент ретенције, h – висина бујичне кише у m , L – дужина слива у km .

Фактор $\sqrt{2g \cdot D \cdot F}$ представља енергетски потенцијал сливања воде за вријеме бујичних киша, гдје је: g – убрзање Земљине теже, D – средња висинска разлика слива у метрима, F – површина слива у km^2 . Високе вриједности енергетског потенцијала сливања указују на већу вјероватноћу и боље предуслове за појаву високих поплавних вода у бујичном сливу, а добија се према обрасцу:

$$D = N_{sr} - N_u \quad (37)$$

гдје је N_u – надморска висина ушћа, а N_{sr} – средња надморска висина слива добијена према обрасцу:

$$N_{sr} = \frac{f_1 \cdot h_1 + f_2 \cdot h_2 + f_3 \cdot h_3 \dots + f_n \cdot h_n}{F} \quad (38)$$

при чему су $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$ дијелови површине слива између двије сусједне изохипсе изражени у km^2 , док су $h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$ средње надморске висине слива у метрима, дијелова површине слива (f_n) обухваћених између двије сусједне изохипсе; F – површина слива у km^2 .

На основу датих образаца израчунати су максимални протицаји у периоду 5, 10, 20, 25, 50, 100, 500 и 1000 година, означени $Q_{\max 5}$, $Q_{\max 10}$, $Q_{\max 20}$, $Q_{\max 25}$, $Q_{\max 50}$, $Q_{\max 100}$, $Q_{\max 500}$ и $Q_{\max 1000}$, односно израчуната је годишња вјероватноћа појаве великих вода за дате сливове. Још један значајан показатељ услова у сливу је вријеме концентрације T_k . Овај параметар представља вријеме које је потребно да вода прође од хидролошки најудаљеније тачке у сливу до излазног профила слива.

Вријеме концентрације је индикатор реакције слива при појави интензивних падавина, а код мањих сливова најчешће износи до десет часова (Srebrenović, 1986). Овај параметар користи се у креирању модела за симулацију поплава, а нарочиту важност има у креирању система упозорења на опасност од поплава (González-Cao, García-Feal, Fernández-Nóvoa, Domínguez-Alonso, & Gómez-Gesteira, 2019; Hurtado-Pidal, Acero Triana, Espitia-Sarmiento, & Jarrín-Pérez, 2020). За прорачун времена концентрације у сливу користе се методе различите сложености, а у раду је примијењен Гавриловићев (Gavrilović, 1972, стр. 94) образац за вријеме концентрације. Вријеме концентрације израчунато је на основу:

$$T_k = \frac{4 \cdot \sqrt{S} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{h}} \quad (39)$$

гдје је S – површина слива у km^2 , L – дужина слива у km , h - средња висинска разлика слива израчуната према обрасцу (37).

У групи **фактора изложености** анализирани су: топографски водни индекс, ТВИ (*TWI, Topographic Wetness Index*), ЦН (*CN*) број, рангирање и густина ријечне мреже. Топографски водни индекс или комбиновани топографски индекс, представља индикатор утицаја топографије на хидролошке процесе. ТВИ је комбиновани индикатор заснован на двије темељне претпоставке: а) интензитет падавина премашује степен инфилтрације и водни капацитет земљишта на површинама са засићеним земљиштем и б) падавине у систему ријечних долина директно изазивају засићеност земљишта, при чему се засићено земљиште јавља у зонама најближим водотоку, доприносећи укупном отицају и водном билансу у сливу (Beven & Kirkby, 1979). Основу модела чини претпоставка да се нагиб топографске површине може користити за процјену хидрауличког нагиба.

ТВИ омогућава идентификацију рута отицаја, идентификацију подручја веће влажности земљишта и издвајање површина акумулирања (успора) воде. Индекс ТВИ се примијењује за моделовање хидролошких и биолошких процеса на неком простору, идентификацију просторних образаца развоја вегетационог покривача (Sørensen, Zinko, & Seibert, 2006), идентификацију површина веће биолошке разноликости (Moeslund, et al., 2013), за идентификацију и картирање мочварних подручја (Lang, McCarty, Oesterling, & Yeo, 2013) и представља важан показатељ подручја изложених плављењу (Pourali, Arrowsmith, Chrisman, Matkan, & Mitchell, 2014; Blumenthal, Haas, & Andersson, 2018). ТВИ се рачуна према формули:

$$TWI = \ln\left(\frac{a}{\tan\beta}\right) \quad (40)$$

гдје је: a – акумулациона површина посматране ћелије растера, β – градијент нагиба. Мање вриједности индекса указују на мањи потенцијал за задржавање влаге, док су веће вриједности индекса карактеристичне за површине са већим акумулационим доприносом и блажим нагибом терена. На површинама блажих нагиба смањује се брзина отицаја и долази до задржавања воде.

Густина хидрографске мреже у km/km^2 , представља дужину водотока по јединици површине. Мања густина хидрографске мреже на неком сливном подручју указује на спорије процесе сливања, услед веће удаљености коју вода

мора до пређе на путу до одводног канала или ријечног корита (Horton, 1945). Услјед споријег процеса сливања, спорије је надолажење и мања брзина стварања водног таласа у ријечном сливу, па се не може говорити о бујичности слива. Већа густина хидрографске мреже, представља индикатор потенцијалног брзог сливања и изненадне појаве високих вода у сливу што је одлика бујичних токова. Рачуна се према обрасцу:

$$D_d = \frac{\sum L}{A} \quad (41)$$

при чему је: $\sum L$ – укупна дужина токова; A – дефинисана јединица површине у km^2 .

Број ЦН (*Curve Number*) је комплексан индикатор који се користи код хидролошких модела падавине – отицај. Представља метод за процјену ефективних губитака кише и процјене отицања при екстремним падавинама, при чему се узимају у обзир утицаји земљишног покривача и хидролошка својства земљишта. Индикатор је креиран за потребе процјене отицаја код појединачних догађаја праћених интензивним падавинама (Табела 28). Развијен је 1954. (USDA, 1954) године од стране Америчког департмана за заштиту земљишта, за потребе реализације хидролошког модела „Број криве отицања“ (*Runoff Curve Number method*) или СЦС методе (*SCS method*). Метод је емпиријски изведен из истраживања малих, најчешће пољопривредних сливова. Од његовог развоја до данас примјењује се у различитом облику у различитим хидролошким истраживањима, укључујући и сливоде веће од $10 km^2$ (Souliis, 2021).

Број ЦН израчунат је на основу Табеле 28. За потребе прорачуна издвојене су четири доминантне класе земљишног покривача: шуме, пашњаци, пољопривредне површине и антропогене површине. Према упутству (USDA, 2002), пашњачке и пољопривредне површине обједињене су у једину класу земљишног покривача. Хидролошка својства тла (ХГС) утврђена су на основу података о текстури и пропусности заступљених типова земљишта (USDA, 2009). Рекласификацијом педолошке карте, према хидролошким својствима тла, издвојене су четири основне класе земљишта: А, Б, Ц, Д.

Табела 28. Калкулација ЦН броја на основу хелија грид мреже (USDA, 2004)

| земљишни покривач | вриједност | Хидролошке класе тла | | | |
|-------------------|------------|----------------------|-----|-----|-----|
| | | А | Б | Ц | Д |
| Воде | 1 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Антропогено | 2 | 57 | 72 | 81 | 86 |
| Шумско | 3 | 30 | 58 | 71 | 78 |
| Пољопривредно | 4 | 67 | 77 | 83 | 87 |

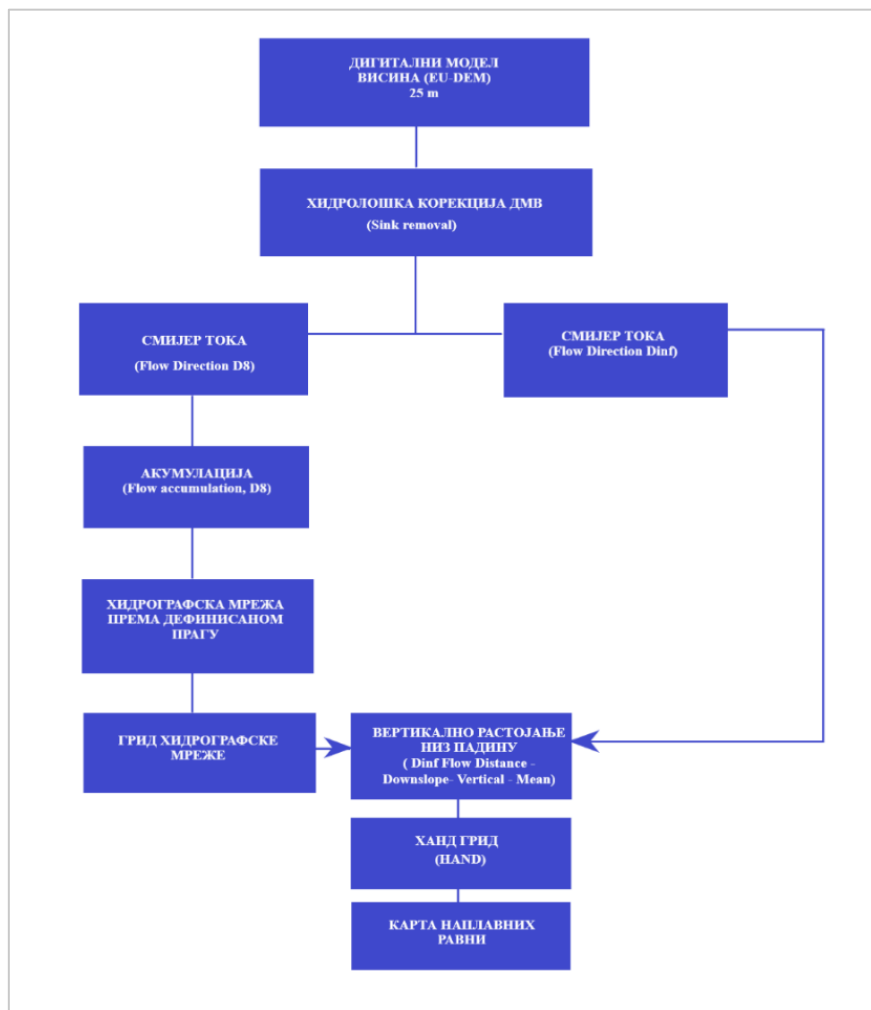
У групи **фактора осјетљивости** анализирани су: земљишне површине изложене плављењу према типовима земљишног покривача за цијели слив и издвојене изграђене површине, изложене поплавама, за свако насеље (у оквиру простора истраживања). За потребе анализе угрожених земљишних површина, извршена је конверзија векторских податка Корин базе о земљишном покривачу у грид (растерски) облик. Ради прецизније идентификације угрожених, изграђених површина, екстраховани су грид подаци ЕСА базе о земљишном покривачу за 2021. годину, резолуције 10 m (Zanaga, et al., 2022) само за класу изграђених површина. Коришћењем растер калкулатора, креиран је композитни грид лејер о земљишном покривачу (Корин 2018 + ЕСА 2021, класа урбано), просторне резолуције 25 m × 25 m. Нови композитни лејер задржао је Корина класификацију типова земљишног покривача, при чему је класа дисконтинуираног урбаног покривача проширена прецизнијим подацима о урбаним површинама, на основу ЕСА базе о земљишном покривачу. Композитни лејер о земљишном покривачу користио се за процјену осјетљивости и коначну идентификацију површина угрожених поплавама у сливовима Лукавца, Јање и Тавне.

За коначну идентификацију осјетљивости и визуелизацију поплавама угрожених површина кориштен је модел ХАНД (*HAND, Height Above Nearest Drainage*) (Nobre, et al., 2011). Ово је модел симулације висина изнад најближег тока, заснован се на нормализацији дигиталног модела терена у односу на хидрографску мрежу. Често се примјењује за процјену хидролошких својстава тла и картирање опсега плављења. Креирање ХАНД растерског модела проводи се кроз неколико процедуралних фаза.

Прва фаза, обухвата креирање хидролошки релевантног ДМВ коришћењем алгоритама за: а) корекцију и рафинисање дигиталног модела висина (*sink removal*), б) одређивање смјера површинског отицања (*flow direction*), в) демаркацију

површина акумулације (*flow accumulation*), а заснива се на оцјени смјера течења и броја сусједних ћелија грида које се уливају у дату ћелију (Rennó, et al., 2008; Nobre, et al., 2011). Коначан резултат прве фазе је екстракција ријечног система у грид облику, на основу постављеног прага за идентификацију површина акумулације. Ниже вриједности прага акумулације обезбјеђују екстракцију хидрографске мреже са више детаља и већим бројем краћих водотока, док већа вриједност прага означава већи степен генерализације и обезбјеђује издвајање мањег броја токова, са већим фактором акумулације. Токови се приказују у грид формату.

У другој фази, потребно је израчунати вертикалну удаљеност сваке тачке рељефног профила у односу на хидрографску мрежу. За ове потребе користи се алгоритам за утврђивање растојања сливања (*flow distance*). Алгоритам се заснива на калкулацији вертикалног растојања између сваке ћелије, према ћелијама водотока, пратећи путању сливања (*flow direction*) и висински пад терена. На овај начин добија се грид мрежа нормализоване висине топографије у односу на раније екстраховану хидрографску мрежу. Трећа фаза обухвата дефинисање и категорисање ХАНД грида према задатим висинским вриједностима у односу на хидрографску мрежу.



Слика 36. Процедурални ток креирања ХАНД модела. Прилагођено према „A CyberGIS approach to generating high-resolution height above nearest drainage (HAND) Raster for national flood mapping“ (Liu, et al., 2016)

11.2. Резултати процјене угрожености од поплава на простору Семберије

Почетна фаза анализе обухватала је процјену карактеристика природне непогоде изражену кроз опште одлике, учесталост, интензитет и вјероватноћу појаве високих вода у ријечним сливовима Лукавца (Гњице), Јање и ријеке Тавне. Анализа је рађена за сваки од наведених сливова појединачно. На основу морфометријских одлика слива а према раније наведеној методологији Гавриловића, израчунати су максимални протицаји за сва три бујична тока на простору Семберије. Израчунате вриједности су поређене са подацима о карактеристичним и екстремним водостајима за слив Лукавца и слив Јање. Подаци о водостају са водомјерне станице Вршани, на ријеци Лукавац, доступни су са

прекидима, за референтни период 1962-1986 (SHMZ, 1963-1990). За ријеку Јању доступни подаци о водостају од 1962. до 1986, са прекидима, а протицај је мјерен у кратком периоду од свега четири године, односно 1980, 1982, 1985. и 1986. године (Табела 29). У сливу Тавне није постојала водомјерна станица, па не постоје забиљешке о водостајима и протицајима. Из тог разлога, није постојала могућност коришћења референтних вриједности водостаја за израчунате протицаје великих вода Тавне. Приказ поплавних површина ХАНД моделом дат је за хипотетичке висине водостаја.

Табела 29. Подаци о водомјерним станицама Лукавац и Јања у периоду 1962-1986 (SHMZ, 1963-1990)

| водомјерна станица | Лукавац-Вршани | Јања-Угљевик |
|---|-------------------------|-------------------------------|
| растојање од ушћа (km) | 6,2 | 22,0 |
| слив | Саве | Дрине |
| кота „0“ | 82,31 | 139,62 |
| тип водомјера | летва | летва |
| почетак рада | 1962. | 1962. |
| мјерења | водостај | да |
| | протицај | не |
| године без података у односу на 1962-1986 | 1962, 1978, 1982, 1986. | 1962, 1963, 1965, 1968, 1978, |

У даљем току анализе било је потребно је утврдити релације између резултата добијених приликом калкулације протицаја максималних вода и референтне висине водостаја, на ријеци Лукавац. За референтну тачку током прорачуна висине водостаја на ријеци Лукавац, коришћена је историјска забиљешка о веома високим водама од 14. маја 1965. када је висина водостаја износила 560 cm. Обзиром на недостатак историјских података о протицају и непостојање података о водостају у новијем периоду, претпостављено је да су у питању 50-годишње воде. Будући да је ово највиши водостај забиљешен у периоду од 25 година, на основу ове референтне вриједности извршена је калкулација водостаја за остале повратне периоде максималних протицаја.

Приликом прорачуна релативне висине водостаја за ријеку Јању у односу на израчунате вриједности максималних протицаја, коришћена је референтна

вриједност протицаја од 17. маја 1980. године када је забиљежен протицај $57,8 \text{ m}^3/\text{s}$ а висина водостаја 200 cm. На ријеци Тавни није било могуће утврдити потенцијалну висину водостаја према израчунатим максималним протицајима, обзиром да не постоје референтне вриједности ранијих мјерења. Израчунате вриједности водостаја према максималним протицајима различитог повратног периода на ријекама Лукавац и Јања, приказане су картографски, коришћењем ХАНД модела. Картографски приказане поплавне површине у сливу Тавне приказане су ХАНД моделом, а представљају само хипотетичке висине водостаја.

11.2.1. Резултати прорачуна максималних вода на бујичним токовима Семберије

Према подацима у Табели 30. највећи протицај великих вода међу посматраним токовима има ријека Лукавац. Овај водоток се одликује великим енергетским потенцијалом сливања воде што упућује на већу вјероватноћу појаве великих вода у сливу. Узевши у обзир референтну вриједност максималне забиљежене висине водостаја која износи 560 cm, у периоду од двадесет-пет година, претпоставља се да ова висина водостаја одговара високим водама са педесетогодишњом учесталосту појаве. Високе воде двадесетпетогодишње учесталости појаве, на ријеци Лукавац, пропорционалне су протицају од $170,7 \text{ m}^3/\text{s}$ и релативној висини водостаја од 505 cm. Прегледом историјских података о појавама високих вода, приближне појаве високих вода на годишњем нивоу, десиле су се 20. децембра 1968, када је висина водостаја износила 500 cm, као и 15. априла 1970. када је висина водостаја износила 480 cm. Високе воде двадесетогодишње учесталости појаве износе $152,9 \text{ m}^3/\text{s}$, што одговара релативној висином водостаја 450 cm. Ова висина водостаја забиљежена је приликом појаве великих вода 28. јула 1972. године.

Табела 30. Резултати анализе одређивања максималних протицаја и поређење са архивским подацима о висини водостаја (SHMZ, 1963-1990), на ријекама Лукавац, Јања и Тавна

| водоток | протицај | Q _{max} (m ³ /s) | вјероватно ћа појаве (%) | водостај (калкулација) V ≈ (cm) | | најближа вриједност забијеженог водостаја | | вријеме концентра ције (min) | |
|-------------------|-------------------|---|--------------------------------|--|-----|---|------------|---------------------------------------|----|
| | | | | | | датум | ВВ (cm) | | |
| Лукавац | Q ₅ | 94,8 | 20 | V ₅ | 280 | 6. 2. 1980. | 280 | 495; | |
| | Q ₁₀ | 116,8 | 10 | V ₁₀ | 346 | 20. 2. 1963. | 324/ | | |
| | | | | | | 30. 3. 1966. | 340/ | | |
| | | | | | | 29. 4. 1967. | 346 | | |
| | Q ₂₀ | 152,9 | 5 | V ₂₀ | 452 | 22. 2. 1969. | 400/ | | |
| | | | | | | 28. 7. 1972. | 450 | | |
| | Q ₂₅ | 170,7 | 4 | V ₂₅ | 505 | 20. 12. 1968. | 500/ | | |
| | | | | | | 15. 4. 1970. | 480 | | |
| | Q ₅₀ | 189,3 | 2 | V ₅₀ | 560 | 14. 5. 1965. | 560 | | |
| | Q ₁₀₀ | 217,5 | 1 | V ₁₀₀ | 643 | * | * | | |
| Q ₅₀₀ | 302,4 | 0,2 | V ₅₀₀ | 895 | * | * | | | |
| Q ₁₀₀₀ | 332,4 | 0,1 | V ₁₀₀₀ | 983 | * | * | | | |
| Јања | Q ₅ | 66,2 | 20 | V ₅ | 229 | I/IV 1974; | 210/ | | |
| | | | | | | 14. 2. 1977. | 235 | | |
| | | | | | | 2. 7. 1983. | 201 | | |
| | Q ₁₀ | 81,8 | 10 | V ₁₀ | 283 | 18. 2. 1963. | 280/ | | |
| | | | | | | 27. 7. 1972. | 270/ | | |
| | Q ₂₀ | 107,1 | 5 | V ₂₀ | 371 | 6. 4. 1973. | 285 | | |
| | | | | | | 19. 3. 1981. | 325 | | |
| | Q ₂₅ | 118,6 | 4 | V ₂₅ | 410 | 18. 2. 1963. | 380 | | |
| | | | | | | 30. 8. 1975. | 400 | | |
| | Q ₅₀ | 132,5 | 2 | V ₅₀ | 459 | * | * | | |
| Q ₁₀₀ | 152,4 | 1 | V ₁₀₀ | 527 | * | * | | | |
| Q ₅₀₀ | 212,3 | 0,2 | V ₅₀₀ | 735 | * | * | | | |
| Q ₁₀₀₀ | 233,0 | 0,1 | V ₁₀₀₀ | 806 | * | * | | | |
| Тавна | Q ₅ | 35,7 | 20 | ** | ** | ** | ** | 192 | |
| | Q ₁₀ | 43,6 | 10 | ** | ** | ** | ** | | |
| | Q ₂₀ | 57,2 | 5 | ** | ** | ** | ** | | |
| | Q ₂₅ | 63,2 | 4 | ** | ** | ** | ** | | ** |
| | | | | | | | | | |
| | Q ₁₀₀ | 81,7 | 1 | ** | ** | ** | ** | | ** |
| | | | | | | | | | |
| | Q ₁₀₀₀ | 126,0 | 0,1 | ** | ** | ** | ** | | |

легенда: * недостају подаци; ** нема мјерења

Максимални протицај вода са десетогодишњом учесталошћу појаве износи 116,8 m³/s а релативна висина водостаја 346 cm. Водостај висине 346 забијежен је приликом појаве великих вода 29. априла 1967. године, а приближне вриједности

забиљежене су 30. маја 1966. и 20. фебруара 1963. Израчунато је да велике воде петогодишње учесталости појаве имају максимални протицај $94,8 \text{ m}^3/\text{s}$, а прорачуната очекивана висина водостаја износи 280 cm. Ова висина водостаја забиљежена је приликом појаве великих вода 06. фебруара 1980. године. Израчунати максимални протицај великих вода стогодишње учесталости појаве износи $217,5 \text{ m}^3/\text{s}$, а протицај великих вода петстогодишње учесталости износи $302,4 \text{ m}^3/\text{s}$ и хиљадугодишње учесталости $332,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Израчуната висина водостаја за стогодишње велике воде износила би 640 cm, за петстогодишње 895 cm и хиљадугодишње воде са 980 cm.

Доступни подаци за ријеку Јању су историјске забиљешке о висини водостаја, док су подаци о протицају доступни само за четири године мјерења. На основу ових података за референтну вриједност је узета висина водостаја 200 cm, са протицајем од $57,8 \text{ m}^3/\text{s}$, забиљежена 17. маја 1980. године, приликом појаве годишњих великих вода. Према датим референтним вриједностима, израчунате су пропорционалне висине водостаја за израчунате максималне вриједности протицаја различите учесталости јављања. Према прорачуну, максимални протицај великих вода двадестпетогодишње учесталости појаве износи $118,6 \text{ m}^3/\text{s}$, што одговара висини водостаја од 410 cm. Највиши водостај на ријечи Јањи у посматраном периоду од 1962. до 1986, забиљежен је 30. августа 1975. када је висина водостаја износила 400 cm.

Максимални водостај забиљежен 30. августа 1975. имао је вриједности најближе израчунатим вриједностима водостаја са двадесетпетогодишњом учесталости појаве. Протицај двадесетогодишњих великих вода на ријечи Јањи износи $107,1 \text{ m}^3/\text{s}$, а очекивана висина водостаја 370 cm. Најприближнија вриједност водостаја забиљежена је приликом појаве великих вода 19. марта 1981. године и износила је 325 cm. Велике воде, десетогодишње учесталости појаве, имају максимални протицај $81,8 \text{ m}^3/\text{s}$, при чему би висина водостаја износила 280 cm. Ове висине водостаја забиљежене су приликом појаве великих вода 1963. и 1973. године, а приближне вриједности 1976. и 1977. године. Израчунато је да велике воде, петогодишње учесталости појаве, могу имати максимални протицај $66,2 \text{ m}^3/\text{s}$, са висином водостаја 230 cm. На основу доступних мјерења, водостаји великих вода приближне висине забиљежени су 1966, 1974, 1977, 1980 и 1983.

Према калкулацији, максималан протицај приликом појаве педесетогодишњих великих вода на ријеци Јањи, износи $132,5 \text{ m}^3/\text{s}$, а за велике воде стогодишње учесталости појаве $152,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Водостај приликом вода стогодишње учесталости могао би досећи висину од 530 cm. Приликом појаве петстогодишњих великих вода, протицај би износио $212,3 \text{ m}^3/\text{s}$, а код хиљадугодишњих $233 \text{ m}^3/\text{s}$. Висина водостаја би код петстогодишњих вода могла досећи вриједност од 735 cm, а у случају хиљадугодишњих вода, 806 cm.

На ријеци Тавни није било хидролошких мјерења у протеклом периоду па не постоје никакве референтне вриједности на основу којих би било могуће израчунати висине водостаја пропорционалне израчунатим максималним протицајима. У Табели 30. приказани су израчунати подаци о максималним могућим протицајима високих вода различите учесталости појаве. Максимални протицај петогодишњих великих вода на ријеци Тавни износи $35 \text{ m}^3/\text{s}$, протицај велике воде десетогодишње учесталости појаве износи $43,6 \text{ m}^3/\text{s}$. За велике воде двадесетогодишње учесталости појаве израчунат је протицај $57,2 \text{ m}^3/\text{s}$, док протицај великих вода двадесетпетогодишње учесталости појаве износи $63,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Протицај педесетогодишњих великих вода је $70,7 \text{ m}^3/\text{s}$, а велике воде стогодишње учесталости имале би протицај $81,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Максимални протицај великих вода петстогодишње учесталости појаве износи $114,3 \text{ m}^3/\text{s}$, а хиљадугодишње воде имају протицај $126 \text{ m}^3/\text{s}$. Након израчунатог протицаја за различите повратне периоде јављања великих вода, анализирани су фактори изложености и угрожености и идентификоване површине изложене потенцијалном плавлјењу, за сва три слива.

11.3. Резултати анализе фактора изложености у сливу Лукавца

Први анализирани показатељ је топографски влажни индекс. Топографски влажни индекс у сливу Лукавца има вриједности у распону од 2,97 до 24,83. Средња вриједност индекса за цијели слив је релативно висока и износи 7,44. Мање вриједности индекса карактеристичне су за стрме долинске стране и површине у сливу са већим потенцијалом отицања воде. Литице и стјеновити одсјеци налазе се у горњем дијелу слива Лукавца, узводно од насеља Челић (ФБиХ). Велике вриједности индекса представљају индикатор мањих нагиба коме гравитирају велике сливне површине. Анализом добијених резултата издвојене су само

површине са вриједношћу индекса већом или једнаком просјечној вриједности 7,4. Вриједности ТВИ индекса од 7,4 до 24,83 карактеристичне су за површине интензивног влажења или задржавања вода које заузимају 188,9 km² или 41% површине слива. Површине интензивног влажења најзаступљеније су у котлинским проширењима, лопарској котлини и долинама Шибоснице и Челићке ријеке. Најзаступљеније су у равничарском дијелу тока од насеља Челић (ФБиХ) до насеља Вршани и насеља Нови, на самом ушћу Лукавца. Обзиром на топографске услове и заравњен терен у непосредној близини ушћа у ријеку Саву, постоји могућност интензивног влажења овог простора и од високих вода Саве. На овај начин ТВИ индекс омогућава идентификацију површина веће влажности и површина потенцијално изложених плавлјењу.

Други значајан фактор утицаја на процесе отицања у сливу су педолошке карактеристике испољене кроз својства водопропусности тла и актуелног начина коришћења земљишта. ЦН број обједињује природне услове тла са фактором управљања земљишним ресурсима и представља важан индикатор актуелног начина управљања земљиштем у сливу и индикатор могућег унапређења, са циљем адекватне заштите земљишта. У сливу Лукавца, ЦН број креће се у распону од 30 до 100. Вриједност 100 је карактеристична за површине са слабо пропусним земљиштем, најчешће без вегетационог покривача. Вриједност ЦН броја 100 указује да се сва киша која падне на тло претвара у отицај. Ово је случај код свих урбаних, бетонских површина, код деградираног земљишта или код самих водених површина. Код земљишта са већим степеном водопропусности и заштићеним вегетационим покривачем попут пашњачке или шумске вегетације, вриједност ЦН броја је ближа нули. Процент воде која се претвара у отицај зависан је од инфилтрације, водног капацитета земљишта и фактора евапотранспирације.

Просјечна вриједност ЦН броја у сливу Лукавца износи 53,3. Значајне разлике су у између горњег брдско-планинског дијела тока и доњег равничарског дијела слива Лукавца. Медијална вриједност горњег дијела слива, до изохипсе од 200 m надморске висине, има вриједност 30, што говори о релативно доброј заштити земљишта и смањеном отицају под утицајем својстава земљишта и земљишног покривача. Доњи, равничарски дио слива одликује се медијалном вриједношћу 67, што упућује на висок удио површина са погодним условима за интензивнији отицај.

Могући узрок за овакво стање налазимо у слабој заштити земљишта вегетационим покривачем, будући да су на овом простору најзаступљеније ораничне и урбане површине.

Рангирање ријечне мреже засновано је на коришћењу хидролошки коригованог дигиталног модела висина и алгоритама за одређивање праваца сливања као и идентификацију токова акумулирања. Коришћењем овог процедуралног тока, омогућена је идентификација токова и креирање лејера хидрографске мреже. Даље рангирање водотока извршено је коришћењем алгорита за рангирање водотока у ријечном систему (Gleyzer, Denisyuk, Rimmer, & Salingar, 2004), примјеном Штралерове (Strahler, 1952) методе за рангирање водотока. Према овој методологији водотоци без притока чине водотоке првог реда. Спајањем водотока првог реда, формира се водоток другог реда, а спајањем два водотока другог реда, настаје водоток трећег реда итд. Хијерархијски ранг водотока се повећава само када се спајају водотоци истог реда.

Ријечна мрежа Лукавца класификована је у пет хијерархијских нивоа (ПРИЛОГ 14). Према овој методи рангирања, водоток петог реда је ријека Лукавац, која настаје спајањем водотока четвртог реда, а то су ријеке Гњица, Шибошница, Челићка ријека, Црни Лукавац, Гњица (Вршани). Водотоци трећег реда су Дријеначка ријека, Бучјанка, Пиперка, Јабланичка ријека, Бијела ријека, Крива ријека, Буковчица и др. Водоточима другог и првог реда припадају мањи токови, рјечице и потоци.

Према густини хидрографске мреже, слив Лукавца је класификован у пет категорија. Најмању густину хидрографске мреже, $0-0,5 \text{ km/km}^2$ имају хипсометријски највиши дијелови слива, које карактерише површинско спирање терена. Другој категорији припадају терени $0,6-0,9 \text{ km/km}^2$, које одликује релативно гушћа хидрографска мрежа. Ове категорије представљају површине слабије разгранате мреже, са густином ријечне мреже мањом од једног km/km^2 . Најизраженије су на теренима са већим нагибом и већим падом ријечног профила, на мјестима гдје су ријеке усјекле уске и клисурасте долине, гдје под утицајем надморске висине и геолошке подлоге нису постојали услови за рачвање токова и развој хидрографске мреже. Трећој категорији припадају терени са густином $1-1,3 \text{ km/km}^2$. Ово су површине средње густине хидрографске мреже. Четвртој категорији

припадају терени са густином хидрографске мреже 1,4-1,7 km/km². Највећа густина ријечне мреже у сливу Лукавца износи 1,8-2,5 km/km².

Површине највеће густине ријечне мреже представљају индикатор сливања већег броја токова, нарочито у горњем дијелу слива Лукавца. Већи број краћих водотока слива се према главним токовима Гњице (Лукавца) и Шибоснице, на простору лопарске и шибосничке котлине. Овакви хидролошки и геоморфолошки услови доприносе краћем времену концентрације вода и указују на већу могућност појаве бујичних таласа, са највећим интензитетом на овом дијелу слива. Већа густина и слични хидролошки услови присутни су на простору насеља Пирковци (РС) и Челић (ФБиХ). У равничарском дијелу тока, већа густина хидрографске мреже карактеристична је за меандарски ток Лукаваца, као и мјеста уливања токова нижег ранга хидрографске мреже у токове вишег реда са израженијим протицајима. Мјеста спајања водотока и развој меандарских долина, доприносе већој густини хидрографске мреже и представљају показатељ површина потенцијалног плављења. У сливу Лукавца ове површине најзаступљеније су у насељима Челић (РС), Пиперци, Мртвица, Коренита, Доња Буковица, Доњи Магнојевић, Доњи Драгаљевац, Вршани и др.

11.4. Резултати анализе фактора угрожености у сливу Лукавца

Резултати анализе фактора угрожености (осјетљивости) представљали су предуслов за коначну процјену угрожености површина и природних потенцијала Семберије, усљед појаве великих вода различитих периода учесталости (ПРИЛОГ 15). Процјена угрожености заснована је на анализи угрожених земљишних површина према категорији коришћења, за сливове у цјелини и процјени угрожених изграђених површина на територији Града Бијељине и општина Лопаре и Угљевик. Идентификоване су угрожене урбане површине по насељима у оквиру ових административних јединица.

Површине у сливу Лукавца угрожене поплавним таласима 5-годишњих, 10-годишњих, 20-годишњих, 25-годишњих, 50-годишњих, 100-годишњих и 1000-годишњих вода, према типу земљишног покривача.



Слика 37. Површине угрожене поплавним таласима различите висине у сливу Лукавца

Први фактор приликом процјене угрожености у сливу Лукавца обухвата утврђивање потенцијално угрожених земљишних површина према типу земљишног покривача. Резултати анализе класификовани су према степену вјероватноће јављања великих вода (Слика 37). Петогодишњим великим водама са вјероватноћом годишњег јављања 20%, угрожено је укупно 81,7 km² површине или 17,8% слива Лукавца. Према површинама изложеним плављењу најугроженије је ненаводњавано пољопривредно земљиште површине 36,6 km² или 44,8% у односу на укупно угрожено земљиште. Под највећим ризиком од петогодишњих великих вода са висином водостаја 2,8 m угрожено је 20,4 km² пољопривредних површина са комплексном култивацијом или 25% слива Лукавца. Трећа категорија према површини изложеној плављењу петогодишњим водама су листопадне шуме са 15 km² или 18,3% потенцијално плављене површине слива. Поплавама ове

учесталости изложено је и $0,5 \text{ km}^2$ површине под воћњацима. У категорији највећег ризика од поплава петогодишње учесталости појаве је $2,5 \text{ km}^2$ урбаних површина.

Великим водама се десетогодишњом учесталосту појаве изложено је $91,5 \text{ km}^2$ површине у сливу Лукавца. Најугроженије површине су у категорији пољопривредног земљишта, при чему се релативно смањује удио поплавлених ненаводњаваних површина, а увећавају површине са комплексном култивацијом. Водама 10-годишње учесталости јављања изложено је $39,9 \text{ km}^2$ ненаводњаваног пољопривредног земљишта и $23,1 \text{ km}^2$ земљишта са комплексним видом култивације. Десетогодишњим великим водама са висином водостаја $3,5 \text{ m}$ изложено је $17,4 \text{ km}^2$ листопадне шуме. Угрожене урбане површине простиру се на $2,9 \text{ km}^2$. Десетогодишњим водама угрожено је $0,4 \text{ km}^2$ или 40 ha урбаних површина више, у односу на најризичнију категорију са вјероватноћом годишње појаве до 20% . Десетогодишњим великим водама угрожене су и површине под воћњацима $0,6 \text{ km}^2$ или 60 ha . Двадесетогодишње воде на ријеци Лукавац поплавиле би површину од $103,3 \text{ km}^2$. Плављењу је најизложенија категорија пољопривредног земљишта без сталног наводњавања, површине $43,1 \text{ km}^2$, а затим и пољопривредне површине са комплексном култивацијом $26,6 \text{ km}^2$.

Поплавама годишње вјероватноће јављања 5% изложено је $20,7 \text{ km}^2$ листопадне шуме. Угрожене урбане површине заузимају $3,4 \text{ km}^2$, што је за $0,5 \text{ km}^2$ или 50 ha више у односу на угроженост појавом десетогодишњих великих вода. Педесетогодишње велике воде са пројектованом висином водостаја $5,6 \text{ m}$ изазвале би плављење на површини од $114,2 \text{ km}^2$. Према томе, у случају појаве педесетогодишњих великих вода, једна четвртина слива била би угрожена поплавама. Категорија пољопривредних површина је најизложенија, са $45,7 \text{ km}^2$ ненаводњаваног земљишта и $29,9 \text{ km}^2$ земљишта са комплексном култивацијом.

Удио поплавлених шумских површина се повећава за $3,4 \text{ km}^2$ листопадне шуме. Урбане површине угрожене појавом педесетогодишњих високих вода, заузимају $3,8 \text{ km}^2$. Велике воде стогодишње учесталости појаве у сливу Лукавца, при висини водостаја од $6,5 \text{ m}$ изазвале би плављење површине од $122,4 \text{ km}^2$ или 27% слива. Стогодишње воде или велике воде са годишњом вјероватноћом јављања од 1% , изазвале би плављење $47,4 \text{ km}^2$ ненаводњаваног пољопривредног земљишта и $32,6 \text{ km}^2$ површина са сложеним системима култивације. У класи

пољопривредних површина са високим удјелом природне вегетације поплавама је изложено 10,5 km². Стогодишње велике воде изазвале би плављење 26,8 km² или 2680 ha листопадне шуме. Великим водама стогодишње учесталости угрожено је 4 km² или 400 ha урбаних површина. Велике воде годишње вјероватноће јављања 0,1% одговарају појави вода хиљадугодишње учесталости, а изазвале би плављење 149 km² слива. Према томе, једна трећина слива била би директно угрожена поплавама. Према прорачуну овај велики талас изазвао би водостај висине 9,8 m. Хиљадугодишње велике воде угрозиле би 4,7 km² урбаних површина. Поплављене пољопривредне површине укупно би заузеле 107 km², при чему највише ненаводњаване површине са 52,6 km², површине са комплексним системима култивације 41,7 km² и пољопривредне површине са високим удјелом природне вегетације 12,6 km². Једну четвртину поплавлених површина или 36 km² чиниле би листопадне шуме. У Табели 31. приказане су угрожене површине према административним јединицама у границама истраживања, односно на територијама општина Угљевик и Лопаре и територији Града Бијељина.

Табела 31. Угрожене земљишне површине у сливу Лукавца на територији Бијељине, Угљевика и Лопара

| учесталост појаве | годишња вјероватноћа (%) | висина водостаја (m) | површина (km ²) | | | | удио у укупно угроженој површини слива (%) |
|-------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------------|---------|--------|--------|--|
| | | | Бијељина | Угљевик | Лопаре | укупно | |
| 5-годишње | 20 | 2,8 | 28,3 | 5,8 | 26,1 | 60,2 | 73,7 |
| 10-годишње | 10 | 3,5 | 31,5 | 6,5 | 29,3 | 67,3 | 73,6 |
| 20-годишње | 5 | 4,5 | 34,9 | 7,2 | 33,1 | 75,2 | 72,8 |
| 50-годишње | 2 | 5,6 | 37,6 | 8,0 | 36,9 | 82,5 | 72,2 |
| 100-годишње | 1 | 6,5 | 39,4 | 8,6 | 39,7 | 87,7 | 71,7 |
| 1000-годишње | 0,1 | 9,8 | 44,6 | 10,7 | 49,5 | 104,8 | 70,3 |

11.4.1. Угрожене површине по административним јединицама у сливу Лукавца (РС)

Најугроженије површине су оне које су изложене плављењу већ при појави великих вода петогодишње учесталости. Појавом великих вода петогодишње учесталости на ријеци Лукавац, са водостајем висине до 2,8 m, најугроженија насеља налазе се на територији Града Бијељине, гдје се у зони угрожености налази

28,3 km² површине (Табела 31). При појави вода идентичне учесталости на територији општине Лопаре угрожено је 26,1 km² површине, а на територији Угљевика 5,8 km². Појавом великих вода 10-годишње учесталости, пројектована висина водостаја би износила 3,5 m а највеће угрожене површине припадају територији Града Бијељина са 31,5 km², док би у општини Лопаре поплављена површина износила 29,3 km², а у општини Угљевик 6,5 km². Велике воде двадесетогодишње учесталости појаве изазвале би директне посљедице на површини од 34,9 km² на територији Бијељине, док би у Лопарама директно угрожене површине обухватале 33,1 km². На простору Угљевика угрожено је земљиште површине 7,2 km².

При појави вода педесетогодишње учесталости јављања очекивани ниво воде би порастао на 4,5 m. Велике воде би изазвале плавлјење 37,6 km² површине у Бијељини, док би на територији Лопара поплављена површина износила 36,9 km². У Угљевик у би плавлјењу било изложено 8 km² површине. При појави стогодишњих и хиљадугодишњих вода, највеће површине угрожене поплавама су на територији Лопара, гдје би под утицајем стогодишњих вода ове површине заузеле 39,7 km², а при 1000-годишњим водама, 49,5 km². Поплављене површине у Бијељини при појави 100-годишњих вода заузеле би 39,4 km², односно 44,6 km² при појави 1000-годишњих вода. На територији општине Угљевик 100-годишње воде угрозиле би 8,6 km², а 1000-годишње воде, 10,7 km² површине. Коначно, резултати показују да је водама веће вјероватноће јављања, од 2% до 20%, најугроженији низијски дио слива у оквиру административних граница Града Бијељина, а једнако су угрожени равничарски и котлински дио слива Лукавца, на територији Лопара.

При појави великих вода годишње вјероватноће јављања 1% и 0,1%, највеће земљишне површине биле би угроженије на територији Лопара, а затим на територији Бијељине. Високим водама Лукавца најмање су изложене површине на територији Угљевика, будући се ова општина већински, територијално налази у сливу ријеке Јање. На карти у приказана су насеља у сливу Лукавца према проценту угрожених урбаних површина, у односу на укупну урбану површину датог насеља.

11.4.2. Угрожене урбане површине по насељима у сливу Лукавца

Процјена угрожености на основу изложености урбаних површина за свако насеље у сливу Лукавца (у оквиру простора истраживања) приказана је картографски у ПРИЛОГУ 16. Насеља са највећим ризиком од поплава су она чије урбане површине су у великом проценту изложене плављењу већ при појави вода петогодишње учесталости појаве (годишња вјероватноћа 20%). Првој категорији ризика, усљед појаве великих вода петогодишње учесталости, припадају насеља у којима је удио угрожених урбаних површина у распону од 35% до 75,5% у односу на укупну урбану површину насеља. Овој категорији у сливу Лукавца припадају насеља: Коњиковићи, Марковац, Пирковци (општина Лопаре), Доња Буковица, Доњи Магнојевић, Вршани и Пиперци на територији Града Бијељина. Под највећим ризиком од плављења је насеље Пиперци у Бијељини, у ком би већ при појави великих вода годишње вјероватноће 20%, било поплављено 75% изграђених површина у насељу. Затим насеље Вршани у ком је плављењу изложено 63% од укупне изграђене површине насеља и у насељу Доњи Магнојевић гдје је угрожено 58,5% изграђене површине.

Другој категорији ризика припадају насеља у којима је удио угрожене урбане површине од 15,1 до 35% изграђене површине. Овој категорији припада шест насеља у оквиру граница истраживања, а то су: Мртвица, Лопаре, Кореташи, Нови, Лопаре Село, Бобетино брдо. Трећој категорији ризика налазе се насеља: Миросавци, Јабланица, Смиљевац, Тутњевац, Главичорак, Козјак, Брусница и Пушковац. У овој категорији су насеља у којима би усљед појаве петогодишњих великих вода Лукавца, поплављене изграђене површине биле у распону од 5,1% до 15%. У четвртој категорији су насеља испод 5,1% угрожених урбаних површина. Од 44 насеља која се у цјелини или дјелимично налазе у сливу Лукавца, на територији 15 насеља нису издвојене угрожене изграђене површине. Према резултатима анализе, 35% насеља у сливу Лукавца (у оквирима граница истраживања) је без ризика од појаве великих вода петогодишње учесталости.

11.5. Резултати анализе фактора изложености у сливу ријеке Јање

Први фактор у процјени хидролошких одлика и фактора изложености поплавама је ТВИ). Карте слива ријеке Јање са хијерахијским рангирањем токова, приказ вриједности ЦН броја за цијели слив и размјештај земљишног покривача у сливу, дате су у ПРИЛОГУ 17. У сливу Јање вриједности ТВИ индекса имају распон од 3,4 до 24,6. Непостојање негативних вриједности индекса у сливу Јање и релативно висока средња вриједност индекса (7,3), упућује на повољне услове за одвијање процеса акумулације у сливу. Коришћењем методе хистограм приказа, омогућено је утврђивање локалних топографских услова и погодности за развој акумулационих процеса. На основу датог приказа идентификована је ријечна мрежа у сливу Јање и површине са повољним топографским условима за акумулирање воде.

На основу карте у ПРИЛОГУ 18. уочава се да су највеће вриједности индекса карактеристичне за акумулативне површине у сливу Јање. Високе вриједности индекса и изузетно повољни услови за акумулирање присутни су на простору рударског копа у угљевичком насељу, Богутово Село и на простору насеља Сњијежница и Теочак-Крстац у општини Теочак (ФБиХ). На површинама са вриједношћу индекса већом од 10 налази се вјештачко језеро Сњијежница. Високе вриједности индекса указују и на потенцијалне површине сталног или периодичног плавлјења. Користећи праг вриједности од 9,3 за површине акумулације, израчунато је да би ове површине заузимале 31 km². Нарочито распрострањење имају у равничарском дијелу тока, на територији општине Угљевик, од насеља Угљевик до насеља Јања, на територији Града Бијељина. Површине потенцијалног плавлјења могуће су и на територији насеља Јасиковац, Прибој, Пељаве, Тобут и Мезграја у горњем дијелу тока. Најниже вриједности индекса забиљежене су у хипсометријски вишим дијеловима слива.

Други индикатор за процјену хидролошких услова у сливу Јање је ЦН број. Минимална вриједност ЦН броја у сливу Јање износи 30, а максимална 100. Средња вриједност за цијели слив износи 66,1. Анализом медијалне вриједности у скупу од 466983 ћелије грида које чине сливну површину, утврђено је да 62,3% ћелија има вриједност ЦН броја већу од 77. Ове вриједности говоре о изразито повољним

условима за интензивно површинско отицање у сливу, а тиме и повољне услове за настанак великих вода у сливу. Узевши у обзир прорачунато вријеме концентрације за слив Јање које износи 6 часова и 56 минута, могуће је идентификовати бујичност у сливу Јање и релативно кратак период развоја бујичног таласа. Краће вријеме потребно за пролазак водене масе од периферних дијелова слива и вододјелнице до ушћа, упућује на потенцијално већу опасност и израженији бујични карактер ријечног тока.

Издвајање и хијерархијско рангирање водотока у ријечној систему ријеке Јање омогућило је адекватну идентификацију и креирање грида густине хидрографске мреже. Примјеном Штралерове методе токови су класификовани у пет хијерархијских нивоа. Првом нивоу припадају мањи стални или периодични токови који се сливају са рубних дијелова слива према секундарним токовима попут Марковића потока, Липовачког потока, Скаковца, Зеленог потока, Максића потока, Тријешнице, Пељаве, Добровољачког потока, Срамошиње и других. Трећег реда су Руповита, Трнова и др. Четвртог рангу припадају Мезграјица и Угљевичка ријека. Петом рангу припада главни ток ријеке Јање. На основу хијерархије токова у ријечној систему Јање, анализирана је густина хидрографске мреже. Максимална густина ријечне мреже у сливу износи $8,7 \text{ km/km}^2$. Ово су простори изразитог сливања и меандрирања, који су доминантно развијени у равничарском дијелу тока ријеке Јање, у насељу Угљевик, и јужним дијеловима насеља Угљевичка Обријез, Сухо поље и Јања. Овој категорији припадају површине у горњем дијелу тока Јање, на територији насеља Тобут и Прибој.

Друга категорија густине ријечне мреже, $4,6-6,1 \text{ km/km}^2$ обухвата долиנסке стране ријеке Јање и израженија котлинска проширења попут насеља Растошнице, прибојске котлине, мезграјске котлине као и шире просторе сливања бројних мањих токова у долини Јање. Трећој категорији, са густином ријечне мреже $3,1-4,5 \text{ km/km}^2$, припадају виши дијелови ријечне долине Јање, нарочито у горњем дијелу слива и у долини њене притоке, Мезграјице. Четврту категорију одликује густина мреже $1,7-3 \text{ km/km}^2$, која је карактеристична за токове првог и другог реда у хипсометријски вишим дијеловима слива. Најмања густина ријечне мреже је карактеристична за више дијелове слива са израженим спирањем, па је густина ријечне мреже мања од $1,7 \text{ km/km}^2$.

11.6. Резултати анализе фактора угрожености у сливу Јање

Први корак у анализи фактора угрожености је сагледавање изложених површина у сливу, према категоријама земљишног покривача (Слика 38). Утицају великих вода петогодишње учесталости са пројектованом висином водостаја 2,3 m изложено је укупно 41,1 km² или 15% површине слива. Највећи удио у укупно угроженим површинама имају оранице ван система за наводњавање са 15,4 km² површине. Утицају великих вода изложене су и пољопривредне површине комбинованих система култура и парцела, са 10,1 km² површине. Угрожене листопадне шуме заузимају 6,9 km² површине. Великим водама петогодишње учесталости угрожено је 3,8 km² дисконтинуираних урбаних површина у сливу Јање. Великим водама двадесетогодишње учесталости јављања са пројектованом висином водостаја од 370 cm, угрожено је 52,9 km² површине слива.

Удио угрожених површина остаје једнак по категоријама земљишног покривача и приликом појаве великих вода рјеђе учесталости. Најугроженије површине су у категорији пољопривредног земљишта. Друга категорија земљишног покривача према изложености и утицају великих вода двадесетогодишње учесталости, су листопадне шуме са 8,9 km² површине. У категорији угрожених је 4,5 km² изграђених, урбаних површина. Педесетогодишње велике воде, потенцијалне висине водостаја 460 cm угрожавају 57,8 km² површине или 20% површине слива. Релативни удио угрожених категорија земљишног покривача се не мијења, па је и даље најизложенија категорија плављењу пољопривредно земљиште, затим листопадне шуме. Угрожене изграђене површине заузимају 4,9 km² површине.

Стогодишњим великим водама угрожено је 61,1 km² површине или 21% површине слива. Најизложеније површине су у категорији пољопривредног земљишта и то оранице ван система за наводњавање. Угрожене изграђене, урбане површине заузимају 5,1 km² површине. Водама хиљадугодишње учесталости јављања изложено је 72,6 km² или 25% слива Јање. Најугроженије површине су у категорији пољопривредног земљишта, односно комбинованих система култура и парцела, које чине 29% угрожене површине у сливу. Удио шумских површина под

утицајем плављења је 21%, док угрожене урбане, изграђене површине заузимају 5,6 km² или 8% површине угрожене хиљадугодишњим великим водама.



Слика 38. Површине угрожене великим водама различитог повратног периода, према категоријама земљишног покривача

11.6.1. Угрожене површине по административним јединицама у сливу Јање (РС)

Преглед површина изложених плављењу на територији Лопара, Угљевика и Бијељине дат је Табели 32. Анализом угрожености површина великим водама различитог повратног периода појаве, уочено је да су највеће површине под ризиком од плављења на територији општине Угљевик. При појави великих вода петогодишње учесталости угрожено је 17,4 km² површине на територији Угљевика, а на територији Бијељине 14,4 km². Великим водама петогодишње учесталости

угрожено је и 7,7 km² територије општине Лопаре. Укупна површина изложена плавлeњу у оквиру граница истраживања износи 39,6 km² или 91,7 % од укупно угрожене површине петогодишњим великим водама ријеке Јање. Двдесетогодишњим великим водама угрожено је 16,9 km² површине на територији Бијељине, 25,9 km² на територији Угљевика и 9,8 km² површине у општини Лопаре. Укупна угрожена површина износи 48,6 km² или 92% од укупне површине угрожене петогодишњим великим водама у сливу. Осталих 8% угрожених површина у сливу Јање налази се на територији Федерације БиХ, изван граница истраживања.

Педесетогодишње велике воде угрозиле би највеће површине на територији Угљевика, 46% или 24,3 km², а на територији Бијељине 33,4% или 18 km² површине. Угрожено је и 12 km² на територији општине Лопаре. Укупна површина, у све три административне јединице, износи 53 km² или 91,7 % угрожене површине слива. Стогодишњим водама угрожено је укупно 53 km² од чега територији Угљевика припада 46,3 % или 25,9 km², Граду Бијељина 32,3% а општини Лопаре 15,3 km² или 21,4%. Велике воде хиљадугодишње учесталости појаве потенцијално проузрокују плавлeње на 66 km² површине, од чега би најугроженија општина био Угљевик са 48% територије или 32 km² површине, а затим Бијељина са 28,9% или 19,1 km² и општина Лопаре са 15,3 km² или 23% површине. Остале угрожене површине сливу у Јање налазе се на територији сусједних општина у Федерацији Босне и Херцеговине.

Табела 32. Угрожене површине по општинама

| учесталост појаве | годишња вјероватноћа (%) | висина водостаја (m) | површина (km ²) | | | | удио у укупно изложеној површини слива (%) |
|-------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------------|---------|--------|--------|--|
| | | | Бијељина | Угљевик | Лопаре | укупно | |
| 5-годишње | 20 | 2,3 | 14,4 | 17,4 | 7,7 | 39,6 | 91,7 |
| 20-годишње | 5 | 3,7 | 16,9 | 21,9 | 9,8 | 48,6 | 91,9 |
| 50-годишње | 2 | 4,6 | 17,7 | 24,3 | 11,0 | 53,0 | 91,7 |
| 100-годишње | 1 | 5,3 | 18,1 | 25,9 | 12,0 | 56,0 | 91,6 |
| 1000-годишње | 0,1 | 8,1 | 19,1 | 31,7 | 15,3 | 66,0 | 90,9 |

11.6.2. Угрожене урбане површине по насељима у сливу Јање (РС)

Процјена угрожености од поплава по насељеним мјестима извршена је на основу изложености великим водама различитог повратног периода јављања и

пропорционалне висине водостаја. У функцији основног индикатора за процјену ризика у насељима, коришћен је проценат угрожених урбаних, изграђених површина у насељу у односу на укупну урбану површину насеља. Насеља са већим процентуалним удјелом изграђених површина које су изложене поплавним таласима различите висине, биће под већим ризиком у односу на насеља под утицајем великих вода али са мањим процентом изграђених површина у овој зони.

У оквиру граница истраживања, сливу Јање припадају 43 насеља. У категорији насеља са највећим ризиком налазе се насеља у којим је 36% до 61% урбане површине изложено плављењу, већ при појави великих вода петогодишње учесталости појаве. То су насеља: Угљевик са 61%, Прибој са 57%, Пељаве са 52%, Јања са 42%, Стари Угљевик са 37% угрожених изграђених површина. У категорији 23,2% до 36,3% угрожених изграђених површина су Тобут, Јасиковац, Богutowo Село, Потраш и Угљевичка Обријеж. Трећој категорији ризика припадају насеља у распону од 4,9% до 23,1% угрожених урбаних површина, а то су: Подгора, Мезграја, Модран, Равно Поље, Сухо поље и Малешевци. Четврта категорија обухвата насеља у распону од 0,1 до 4,8% угрожених урбаних површина. Овој категорији припадају насеља: Лабучка, Забрђе, Угљевик Село, Мукат Станковићи, Атмачићи и Доња Трнова. У категорији насеља без угрожених урбаних површина у сливу Јање и без ризика од великих вода петогодишње учесталости јављања, је укупно 21 насеље у границама општина Лопаре, Угљевик и на територији Града Бијељина. Процјена угрожености за остале повратне периоде јављања поплавних таласа приказана је картографски у ПРИЛОГУ 19.

11.7. Резултати анализе фактора изложености великим водама ријеке Тавне

ТВИ у сливу ријеке Тавне обухвата вриједности у распону 3,5-21,3. Средња вриједност индекса за цијели слив износи 7,1. Повољни услови за акумулирање воде постоје у цијелој долини Тавне. У горњем дијелу тока ријека Тавна протиче између стрмих, гребенастих страна, па на овом простору постоје најбољи услови за максимално отицање падавина према ријечном кориту. У долини Тавне су вриједности индекса у распону 6 до максималних 21,3 што упућује на велику погодност за настанак и развој процеса акумулације. Ово потврђују бројна изворишта и мањи периодични токови у планинском дијелу слива. Од изворишта

Краљева вода, ријека протиче подножјем врха Висока глава (665 m), затим између врхова Црне стијене и Караула. Према сјеверу долина Тавне се шири а у котлинастим проширењима насеља Растошница и Стари Теочак, ријека прима воде мањих сталних и периодичних токова. Ово су простори са повољним условима за акумулирање воде и локације површина угрожених појавом великих вода. Према сјеверу ријечна долина се сужава, формирајући кањонску долину са ерозивним лонцима, у подножју врха Турсуново брдо.

Између насеља Билалићи (Теочак) и насеља Турсуново брдо (Угљевик), долина Тавне се поново шири, са блажим нагибима долинских страна, па су на овом простору поново присутни повољни услови за развој акумулативних процеса. Према сјеверу се ријечна долина поново сужава и пролази уском клисурастом долином између Малог и Великог Гребена. Проласком између гребена, ријечни ток лактасто скреће према истоку одакле поприма одлике равничарске, меандарске ријеке. Протиче између врхова Пећина, Самокрес и Спахића брдо, са лијеве долинске стране и врха Орловић, на десној страни. Од насеља Бањица, Бјелошевац, Горња и Доња Пилица, дно ријечне долине се хипсометријски спушта према долини Дрине. На територији ових насеља је најизраженије меандрирање тока и повољни топографски услови за развој акумулативних процеса. На овом простору је највећа опасност од периодичног плављења површина приликом појаве великих вода на ријечи Тавни.

ЦН број указује на интеракцију и ефикасност прилагођавања хидролошких одлика земљишта са актуелним начином коришћења земљишта. Вриједност ЦН броја у сливу Тавне креће се у распону од 58 до 100. У односу на претходне сливове, на овом простору су знатно израженији процеси отицања, будући да је према класификацији УСДА (USDA, 2009), на површини од 5,8 km² заступљено земљиште слабе филтрационе моћи. Релативно неповољним хидролошким условима земљишта доприноси и неадекватан начин коришћења земљишта у пољопривреди, нарочито комбиновани системи култура и парцела. Овај начин коришћења земљишта заступљен је у најугроженијем, равничарском дијелу слива. Средња вриједност ЦН броја за цијели слив износи 69,2. Анализом медијалне вриједности ЦН броја, на основу 81589 ћелија грида, уочено је да 45,7% површине слива има вриједност ЦН броја једнаку или нижу од 72. У овим дијеловима слива, преовладава

шумски покривач, па би у случају краткотрајне појаве бујичних киша, под утицајем вегетације и земљишних услова, процеси површинског отицања били знатно редуковани, а самим тим и земљиште заштићено од ерозије и потенцијалног плавлјења. На 54,3% површине слива, доминантно у доњем, равничарском дијелу слива, постоје повољни услови за површинско отицање, које је додатно поспјешено огољавањем земљишта које се користи за потребе пољопривреде. На овом простору су најизраженији процеси површинског спирања и отицања, односно ерозивног разарања и одношења тла.

Хијерархијским рангирањем водотока у сливу Тавне (ПРИЛОГ 20), сви токови су сврстани у четири хијерархијске категорије. Првој и другој категорији припадају мањи периодични токови и потоци. Трећој категорији припада највећа притока Тавне, ријека Домана, док је ток четврте категорије главни ток ријеке Тавне. Према густини ријечне мреже слив Тавне је класификован у пет категорија. Категорија најмање густине ријечне мреже обухвата дио слива са густином $0-1,3 \text{ km/km}^2$. У овој категорији је хипсометријски виши дио слива са планинским врховима и долинским странама великог нагиба. На овим површинама изражени су процеси спирања. Ријечна мрежа је слабо развијена са ријетком појавом токова. У вишој категорији су површине са кратким, слабо развијеним токовима, усјеченим између стрмих долинских страна, са просјечном густином $1,4-2,5 \text{ km/km}^2$. Трећа категорија обухвата површине са густином ријечне мреже $2,6-3,5 \text{ km/km}^2$. Ово су површине блажих нагиба у ријечној долини и ободни дијелови котлина кроз које протиче Тавна.

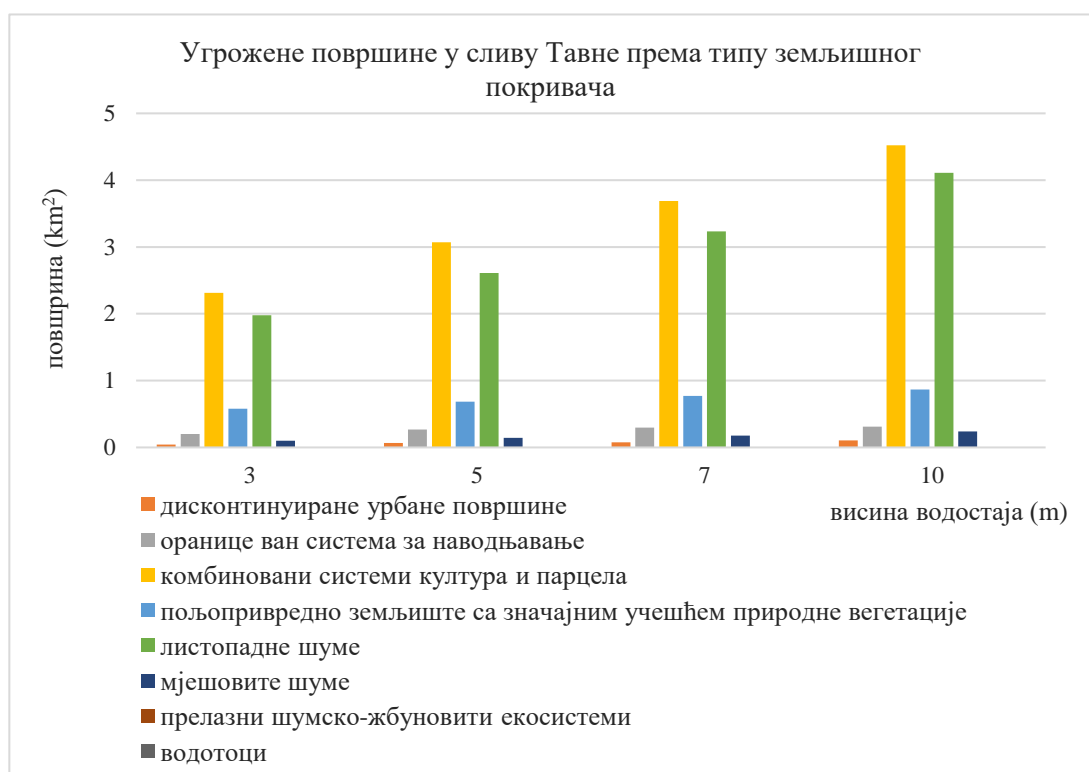
У четвртој категорији су површине са густином ријечне мреже $3,6-4,5 \text{ km/km}^2$. Обухватају шири долински простор и котлинаста проширења у горњем дијелу тока, од локалитета „Крмећа њива“ до насеља Стари Теочак. На овом простору Тавна прима воде бројних периодичних токова, а сам ток карактерише меандрирање и у подножју гребена Попова коса. Четвртој категорији припадају и шири дијелови долине, од засеока Луке и Бешићи до локалитета Мали и Велики Гребен. Површине највеће густине ријечне мреже најраспрострањеније су у равничарском дијелу тока Тавне, од насеља Угљевик до насеља Горња Пилица. Због изразито стрме десне долинске стране, на овом простору се према Тавни сливају бројни бројни мањи потоци, а на територији насеља Доња Крћина улива се рјечица Домана. Категорија

највеће густине ријечне мреже у сливу Тавне износи 4,6-6,1 km/km² а карактеристична је за простор котлинастих проширења, између локалитета Градина и Велики Гребен. У овој категорији налазе се површине у доњем дијелу слива, од Малог Гребена до мјеста уливања Јакшиног потока у ријеку Тавну.

11.8. Резултати анализе фактора угрожености у сливу Тавне

Анализа угрожености у сливу Тавне обухватала је три корака као и претходне анализе. Обзиром да на ријеци Тавни у претходном периоду није било мјерења водостаја, није постојала могућност поређења и процјене референтног нивоа водостаја у односу на израчунате максималне протичаје великих вода. Подаци о осјетљивим и потенцијално угроженим површинама издвојени су искључиво на основу апроксимативних висина водостаја: 3 m, 5 m, 7m и 10 m. Према датим вриједностима висине водостаја, израчунате су површине изложене поплавним таласима. Картографски приказ угрожених површина у сливу Тавне дат је у ПРИЛОГУ 21.

Анализом угрожених површина у сливу Тавне (Слика 39), при појави великих вода висине 3 m, највише поплављених површина припада категорији пољопривредног земљишта и то комбиновани системи култура и парцела 2,3 km², пољопривредно земљиште са високим учешћем природне вегетације 0,6 km² и оранице ван система за наводњавање са 0,2 km². Значајне површине угроженог земљишта су под листопадним шумама и то 2 km² и мјешовитим шумама 0,1 km². Угрожене изграђене површине заузимају 0,04 km². Укупна површина изложена плавлјењу износи 5,2 km² или 10% површине слива. При појави великих вода чија би висина водостаја била 5 m, највеће површине угроженог земљишта поново би биле у истим категоријама са најугроженијим пољопривредним земљиштем површине 4 km². У категорији површина под шумама угрожено је 2,8 km² шуме. Угрожене урбане површине заузимају 0,06 km². Укупно угрожено земљиште је површине 6,8 km² или 13,4% слива Тавне. Бујичним таласом висине 7 m, угрожено би било 8,2 km² или 16,1% површине слива. Најугроженија категорија земљишта су комбиновани системи култура и парцела (баште) са површином 3,7 km², а затим земљиште под листопадним шумама, површине 3,3 km². Угрожене би биле и изграђене површине на 0,08 km².



Слика 39. Угрожене површине у сливу Тавне према типу земљишног покривача

Појавом бујичног таласа висине 10 m угрожено би било 10,2 km² површине или 20% слива. Бујични талас ове висине поплавио би 5,7 km² површине пољопривредног земљишта, при чему би најугроженија категорија биле површине са комбинованим системима култура и парцела са 4,5 km² или 450 ha површине. Од укупно угроженог земљишта, 43% угрожених површина је под шумама, од чега су листопадне шуме заступљене на 4,1 km² или 95% површине под шумама. Поплавни талас би угрозио 0,11 km² површине изграђеног земљишта. У другој фази анализе дата је укупно угрожена површина по административним јединицама у границама простора истраживања.

Табела 33. Угрожене површине у сливу Тавне по општинама

| висина водостаја (m) | угрожена површина (km ²) | | | удио у угроженим површинама слива (%) |
|----------------------|--------------------------------------|---------|--------|---------------------------------------|
| | Бијељина | Угљевик | укупно | |
| 3 | 2,3 | 1,4 | 3,7 | 70,7 |
| 5 | 3,0 | 1,8 | 4,8 | 70,0 |
| 7 | 3,4 | 2,3 | 5,7 | 68,9 |
| 10 | 4,0 | 2,8 | 6,8 | 67,2 |

Према подацима приказаним у Табели 33. при водостају висине 3 m, највеће угрожене површине биле би на територији Града Бијељина са 2,3 km² површине, док би на простору Угљевика бујични талас поплавио 1,4 km² земљишта. Укупна, поплављена површина у границама истраживања у раду, при појави таласа висине 3 m, износила би 3,7 km² или 71% од укупне поплављене површине у цијелом сливу. При појави бујичних вода висине 5 m, укупна угрожена површина у границама истраживања би износила 4,8 km² или 70% поплављене површине у сливу. Остале поплављене површине чине 30% слива, а налазе се на територији општина Теочак и Сапна у Федерацији БиХ. На територији Бијељине, поплављене површине би се простирале на 3 km², а на територији Угљевика 1,8 km². Бујичне воде висине 7 m, угрозиле би 3,4 km² земљишта на територији Бијељине и 2,3 km² површине на простору Угљевика. Укупно угрожене површине на територији ових административних јединица износиле би 5,7 km². Појава бујичних вода висине 10 m, у границама истраживања угрозила би земљиште површине 6,8 km² или 67,2% од укупно угрожене површине у сливу. Поплављено земљиште на територији Града Бијељине би заузимало 4 km², а на територији општине Угљевик, 2,8 km². Остале потенцијално угрожене површине обухватале би земљиште од 3,3 km², на територији општина Теочак и Сапна.

11.8.1. Угрожене урбане површине по насељима у сливу Тавне (РС)

Трећа фаза у анализи и коначној процјени угрожености од велики вода Тавне обухватала је анализу угрожених изграђених површина по насељима. Анализиране су урбане површине изложене плавлјењу приликом појаве бујичних вода Тавне, за свих пет хипотетичких висина водостаја. Слив Тавне обухвата већински, рурална насеља у којима су највише заступљене површине под листопадним шумама и пољопривредне површине. Изграђене површине у сливу простиру се на земљишту површине 0,67 km². Из наведених разлога је и угроженост изграђених површина знатно мања у односу на сливове Лукавца и Јање.

У сливу Тавне, у оквиру административних граница Бијељине и Угљевика налази се укупно 12 насеља. Ова насеља својом територијом дјелимично или у потпуности припадају сливу Тавне. Анализом угрожености изграђених површина при појави бујичних вода висине 3 m, издвојена су насеља Доња Крчина са 24% и

насеље Бањица са 11% угрожених изграђених површина у односу на укупну изграђену површину. Ова насеља припадају категорији најугроженијих насеља у сливу.

У категорији слабије угрожености је насеље Кацевац са 5,3% угрожених изграђених површина. Насеља Горња Крчина, Главичице и Горња Трнова су у трећој категорији угрожености са површинама од 0,1 до 5%. У сливу се налази 10 насеља у којима према доступним подацима о земљишном покривачу, нису угрожене изграђене површине. У овој категорији су насеља: Јасење, Билалићи, Доња Трнова, Глиње, Турсуново Брдо и Бјелошевац. На карти у ПРИЛОГУ 22. приказани су подаци по насељима и вриједности потенцијално угрожених изграђених површина у процентима, при појави бујичних вода висине 3, 5, 7 и 10 m. Процентуалне вриједности израчунате су у односу на укупну изграђену површину у насељу и приказане дијаграмима за свако насеље.

11.9. Угроженост од поплава у непосредним сливовима Саве и Дрине

Приказ модела угрожености површина од великих вода Саве и Дрине, урађен је на основу дигиталног модела висина,. Обзиром да укупна површина слива ријеке Саве и њене притоке Дрине превазилази границе Семберије и радом дефинисаног подручја истраживања, анализа угрожених површина рађена је искључиво на основу забиљежених вриједности висине водостаја на станици Радаљ (Дрина) и станици Јамена (Сава) од 15. маја 2014. године. Као и за претходне сливове, моделовање и картирање угрожених површина реализовано је креирањем ХАНД модела угрожености од великих вода. Према подацима РХМЗС (20156) приликом појаве великих вода 15. маја 2014. године, висина водостаја ријеке Дрине на станици Радаљ износила је 623 cm, док је водостај Саве, према подацима са станице Јамена, истог датума износио 969 cm. Највиши водостај на ријеци Сави забиљежен је два дана касније, 17. маја 2014. када је висина водостаја износила 1265 cm. Средња годишња висина водостаја на ријеци Дрини у 2014. години износила је 156 cm, а на ријеци Сави 644 cm.

Ради утврђивања учесталости појаве екстремних вриједности водостаја, коришћени су статистички подаци о екстремним падавинама у Европи, ЕРА5

(Mercogliano, et al., 2021), за период од 1989. до 2018. године. Обзиром да за МС Бијељина нису били доступни дневни подаци о висини падавина на дан 15. маја 2014. године, коришћени су подаци о висини падавина са МС Лозница. Према датим подацима, за територију града Лознице, екстремне падавине 100-годишње учесталости јављања износе 73,5 mm. Према подацима РХМЗС (2015а), дана 15. маја 2014. године, на МС Лозница, забиљежена дневна висина падавина износила је 110 mm. Користећи Гавриловићев образац за одређивање великих вода (1972, стр. 98), на основу базне вриједности за 100-годишње екстремне падавине, израчунат је повратни период за екстремне падавине забиљежене 15. маја 2014. године. Ако се за вриједност 100-годишњих екстремних падавина (коэффицијент 1) узме 73,5 mm (Mercogliano, et al., 2021), дијелењем забиљежене висине падавина (110 mm) са референтном висином 73,5 mm, добијен је коэффициент 1,49. Овим поступком је израчунато је да дата вриједност коэффицијента 1,5 са висином падавина од 110,4 mm одговара екстремним падавинама петстогодишње учесталости појаве.

Након анализе екстремних падавина и висине водостаја од 15. маја 2014. године, креиран је модел ХАНД (ПРИЛОГ 23). Растер ХАНД је рекласификован према приближним вриједностима раније забиљежених висина водостаја: 7 m, 10 m, 13 m и хипотетички водостај, 15 m. На основу екстрахованих поплавних површина према моделу ХАНД, анализирани су угрожене површине према типу земљишног покривача и идентификована најугроженија насеља услед појаве великих вода Саве и Дрине. На карти у ПРИЛОГУ 23. приказане су граничне локације највеће изложености поплавама према подацима из Водног информационог система РС (Воде Српске, 2021). Податке није било могуће преузети са сервера РВИС, па је коришћењем маркера са показивачем географских координата извршена екстракција граничних тачака за површине највећег степена угрожености. Маркери означавају граничне локације површина најизложенијих плавлјењу, посматрано од главног водотока према локацијама означеним тачкастим маркерима. Граничне локације најугроженијих површина према подацима (Воде Српске, 2021) приказане су ради поређења са поплавним површинама добијеним ХАНД моделом. Рекласификацијом ХАНД растера према задатим висинским класама, издвојене су површине угрожене поплавама на простору Семберије под утицајем великих вода Саве и Дрине.

11.9.1. Угрожене површине у непосредном сливу Саве

Према ХАНД моделу, водостај висине 7 m проузроковао би плавлјење на површини од 77,1 km² (Слика 40). Усљед појаве великих вода висине 10 m, поплавлјено подручје би обухватало површину од 177,1 km². Водостај висине десет метара забиљежен је на ријеци Сави 15. маја 2014. године. При појави великих вода са висином водостаја 13 m, поплавлјено земљиште би се простирало на површини од 249,9 km². Велике воде висине 12,6 m, забиљежене су 17. маја 2014. године. Хипотетичким водним таласом висине 15 m, укупна поплавлјена површина би износила 292,6 km². Према условима локалне топографије, при порасту висине водостаја по датим класама, највеће површине у Бијељини биле би угрожене високим водама Саве, а затим високим водама Дрине.



Слика 40. Угрожене површине на ужем простору Семберије (Бијељина) усљед појаве великих вода Саве и Дрине

Анализом угрожености према типовима земљишног покривача, високим водама Саве најугроженије су пољопривредне површине (Слика 41). При висини водног таласа 7 m, поплавлјене површине би обухватале ораничне површине ван система наводњавања, са површином од 47,6 km². Поред ораница, у категорији угроженог пољопривредног земљишта налазе се и комбиновани системи култура и парцела са 1,4 km² и претежно пољопривредни терени са високим учешћем природне вегетације, површине 1,9 km². Укупна поплавлјена површина износила би 57,6 km², према чему 88% угрожених површина припада категорији пољопривредног земљишта. Шумске површине су угрожене у мањој мјери и то на

површини од 2,1 km², од чега су 2 km², листопадне шуме, а остало шумско земљиште припада категорији прелазних, шумско-жбуновитих екосистема. Угрожене изграђене, урбане површине заузимају 0,2 km².

Са растом висине водостаја до 10 m, укупна угрожена површина усљед појаве великих вода Саве већа је за 79,9 km² у односу на површину претходне класе угрожености и износи 137,5 km². Најугроженије површине су оранице које заузимају 75% угрожених површина. Релативни удио према категоријама се не мијења, изузев повећања угрожених површина у категорији изграђених терена. Угрожене урбане површине су веће за 6,8 km² у односу на површину угрожену водама висина 7 m и заузимају укупно 7 km². Угрожене листопадне шуме заузимају 9,4 km².

Појавом великих вода Саве, висине 13 m, укупно угрожена површина би износила 192,9 km² или 26% територије Града Бијељина (не рачунајући површине угрожене великим водама Дрине). Плављењу је најизложенија категорија пољопривредног земљишта са укупно 158,4 km², а затим површине под шумама на 17,7 km² земљишта. У категорији угрожених је 12,4 km² изграђених површина. Растом водостаја Саве на хипотетичких 15 m, угрожена површина би износила 217 km², при чему би најугроженије поново било пољопривредно земљиште, са 81% од укупно поплавлених површина. Поплављене шумске површине би заузимале 21 km². Угрожене урбане површине би достигле максималну вриједност са површином од 15 km².



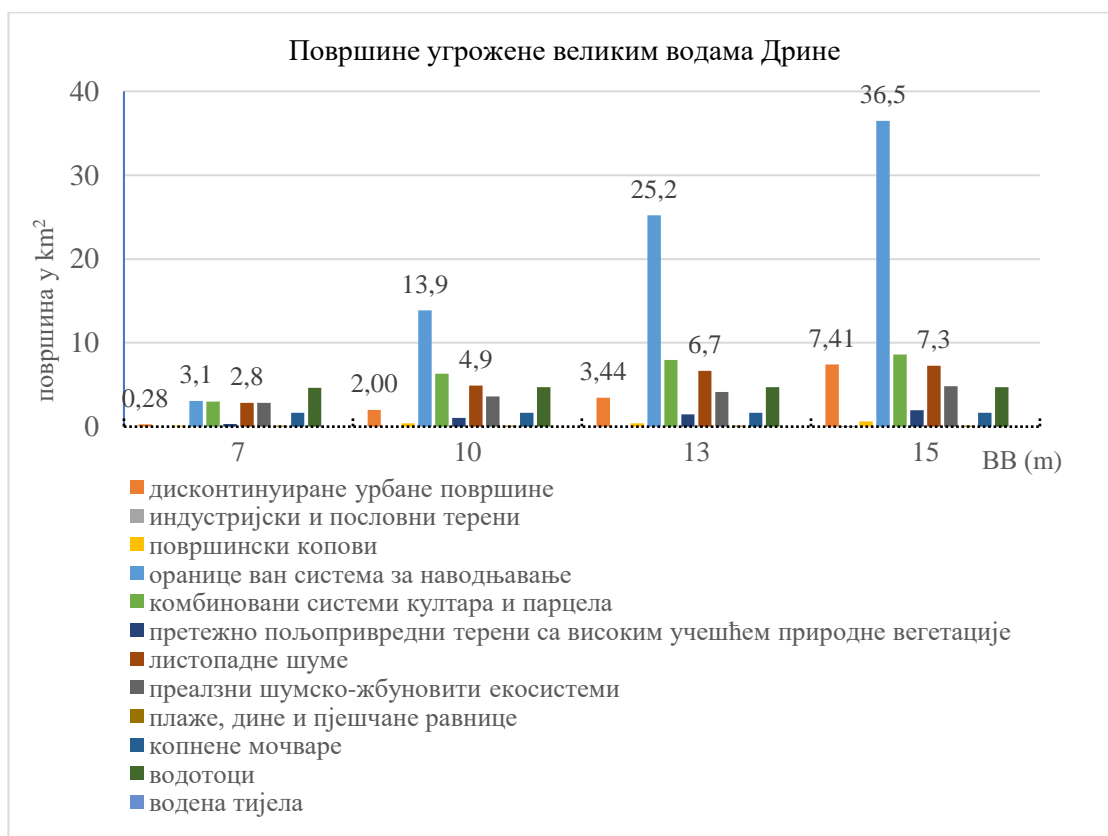
Слика 41. Површине угрожене великим водама Саве

11.9.2. Угрожене површине у непосредном сливу Дрине

Услед великих вода Дрине, висине 7 m, површина поплављеног земљишта би износила 18,9 km². Плавлјењу је најизложеније пољопривредно земљиште и то оранице са 3,1 km², комбиновани системи култура и парцела са 3 km² и претежно пољопривредно земљиште са већим учешћем природне вегетације, површине 0,3 km² (Слика 42). Пољопривредно земљиште чини једну трећину угрожених површина. Поплавама је изложено укупно 5,7 km² површина под шумама, при чему листопадне шуме чине 50% површине, док осталих 50% чине прелазни шумско-жбуновити екосистеми. Међу осталим категоријама земљишног покривача издвајају се угрожене урбане површине са 0,41 km², при чему су угрожене изграђене (стамбене) површине заступљене на 0,3 km², док су преостало површине експлоатације шљунка. Великим водама Дрине, висине 10 m, поплављене површине би обухватале површину од 38,6 km². Према површинској заступљености најугроженије је пољопривредно земљиште са 55% у односу на укупну угрожену

површину. У овој категорији великих вода Дрине, релативни удио угрожених шумских површина је мањи, а поплављене површине под шумама заузимаће би 8,5 km² или 22%. Угрожене изграђене површине заузимаће би 2 km². Појавом великих вода хипотетичке висине 13 m, угрожене површине би заузимаће 55,8 km², од чега пољопривредне површине 62% и површине под шумама 19%. Поплављене урбане површине би се простирале на 3,8 km² или 8% укупно угрожене површине.

При хипотетичком водостају висине 15 m, укупне поплављене површине би заузимаће 73,7 km². Од укупно угрожених површина, 64% би припадало категорији пољопривредног земљишта, 16% поплављених би биле површине под шумама, док би поплављене урбане површине имале рекордни удио од 11% или површину од 8,1 km². Међу угроженим урбаним површинама највећу површину заузимају изграђене (стамбене) површине а у овој категорији се први пут појављују и угрожени индустријски и пословни терени са површином од 0,0188 km².



Слика 42. Површине угрожене великим водама Дрине

11.9.3. Угрожена насеља у непосредним сливовима Саве и Дрине

На основу преклапања растерских слојева, сваке класе ХАНД растера, 7 m, 10 m, 13 m и 15 m, урађена је анализа угрожености насеља према проценту површине изложене плављењу, у односу на укупну површину насеља. При појави великих вода Саве и Дрине висине седам метара, најугроженија насеља, са више од 20% угрожене површине су: Црњелово Доње, Бродац Доњи, Остојићево, Велино Село, Црњелово Горње, Бродац Горњи, Батковић услед великих вода Саве, а Јања, Батар и Главичице услед појаве великих вода Дрине. Најугроженија насеља Семберије су Црњелово Доње са 47,4%, Бродац Доњи са 39,7%, Остојићево 37,1%, Велино Село 37% и Батар 34,6%. Према угроженим изграђеним површинама, при водостају висине 7 m, најугроженија насеља су Велино Село, Јања, Бродац, Црњелово, Нови, Батар, Главичице, Амајилије, Јоховац. На територији ових насеља изграђене површине би биле поплављене на површини већој или једнакој 1 km² или 100 ha. Три најугроженија насеља су Велино Село са 11,3 km² или 1130 ha, Јања са 6,5 km² или 650 ha и Доњи Бродац са 5,9 km² или 590 ha.

Услед појаве великих вода висине 10 m, насеља са потенцијално поплављеним површинама у износу 50% и више су: Доње Црњелово, Горњи Бродац, Остојићево, Велино Село, Доњи Бродац, Горње Црњелово, Нови, Балатун, Слобомир и Батковић, док су у категорији угрожености од 20% до 50% површине насеља: Јоховац, Јања, Батар, Даздарево и Главичице. Велике воде висине 13 m, поред раније поменутих насеља, поплавиле би више од 30% површине на територији насеља: Тријешница, Трњаци, Међаши, Велика Обарска и Драгаљевац Доњи. Појавом великих вода висине 15 m, 32 насеља би била изложена плављењу, од тога на територији 16 насеља било би поплављено више од 80% њихове површине. Овим водним таласом било би угрожено 3,9 km² или 14% површине урбаног насеља Бијељина.

Коначно, према резултатима истраживања могуће је закључити да поплаве представљају један од најзначајнијих природних фактора угрожавања у Семберији. Изразитој опасности од поплава на простору Семберије доприносе:

- бујични токови и поплаве у сливу Лукавца, Јање и Тавне;

- природни положај на контакту између двије макро-рељефне цјелине, брдско-планинског и равничарског рељефа, са израженим процесима акумулирања;
- присуство великих граничних ријечних токова, Саве и Дрине, који са двије стране оивичавају Семберију;
- обимни подземни колектори воде (артешки басен Семберије и Посавине)
- неадекватан систем организације и организације коришћења површина
- непланска експлоатација шљунка;
- деградација шумских површина и исушивање барских екосистема (измјена филтрационих услова земљишта);
- урбанизација у зонама високе угрожености.

Планом управљања ризицима од поплава у сливу ријеке Саве (Međunarodna komisija za sliv rijeke Save, 2018) у групи осталих превентивних мјера, *M24*, у управљању ризицима предвиђају активности на ризика од поплава, а које обухватају моделовање и процјену ризика од поплава, процјену осјетљивости на поплаве, процјену ефикасности програма и политика у области управљања ризицима од поплава. Примјена интегралних модела заснованих на ГИС-у, може допринијети ефикаснијој процјени ризика од поплава и процјени угрожених површина Семберије. ГИС се као ефикасно средство може примјењивати приликом израде катастра опасности од ризика, моделовања потенцијалних ризичних сценарија, процјени оптималних локација за градњу насипа и обалоутврда. ГИС се може користити за потребе континуираног мониторинга вода и ради праћења и осматрања хидролошких стања на водама са потенцијалним ризиком од поплава.

Иако картирање и примјена геопросторних модела не може утицати на смањење опасности од поплава, примјена научно заснованих метода и техника, попут ГИС-а може утицати на јачање капацитета и отпорности локалне заједнице за суочавање са опасношћу од поплава. Јачање отпорности обухвата: ширење свијести о опасностима од поплава, моделовање ризика од поплава, планирање, заштиту људских живота, превенцију оштећења материјалних добара и ефикасније креирање адекватне политике управљања и мјера заштите од поплава.

12. ГИС У ФУНКЦИЈИ ВРЕДНОВАЊА ПРИРОДНИХ ПОТЕНЦИЈАЛА – ОДРЖИВА ПОЉОПРИВРЕДА (АГРОШУМАРСТВО)

Одрживим управљањем природним ресурсима обухваћени су минерали, биљке, животиње, воде и земљиште. Кључни циљеви одрживости у управљању природним ресурсима усмјерени су на њихово одрживо коришћење, заштиту и очување са циљем одржавања равнотеже у екосистему. Саставни дио екосистема је човјек са својим потребама: физиолошким, сигурносним, психо-социјалним и духовним. Производња хране произашла је из човјекове темељне физиолошке потребе опстанка организма. Растуће потребе за храном и материјалним добрима изазвале су дестабилизацију екосистема, апострофирајући неадекватне моделе интензивног коришћења и исцрпљивања ресурса, без сагледавања комплексних интеракцијских односа и негативних ефеката оваквог приступа.

Пољопривредно земљиште је у 2020. години заузимало 36,5% копнене површине земље (FAO, 2023). Управљачки приступи у пољопривреди, настали из нарастајућих потреба за храном, често су се заснивали на процесима дефорестације и промјене природних, шумских екосистема у пољопривредне површине. Узурпацијом земљишта, без сагледавања комплексних релација у геосистему, занемарене су остале функције којима су ови екосистеми обезбјеђивали стабилност геосистема и функционисање јединственог интеракцијског циклуса између абиотичких и биотичких компоненти. Дајући апсолутну предност ширењу пољопривредних површина, занемарене су функције примарног шумског екосистема попут: природног филтрирања воде, утицаја на заштиту од ерозије, утицаја на регулацију поплава, утицаја на смањење суше и рекреативни и естетски значај шума.

Према Миленијумској процјени екосистема (Reid, 2005), више од 40% пољопривредног земљишта деградирано је усљед изражених појава ерозије, поплава, суше, исцрпљивања нутритијената, салинизације, загађења или усљед интензивне урбанизације. Будуће испуњавање човјекових захтјева и потреба, зависиће од ефикасности модела управљања природним ресурсима који треба да се заснивају на одрживом коришћењу, уз смањење фактора угрожености и ризика. У супротном, неефикасно управљање природом и коришћењем земљишта, могло би

изазвати даље продубљивање угрожености природних и културних добара и већи ризик од природних непогода у датој друштвено-економској заједници.

Према подацима доступним у „Измјенама и допунама Просторног плана Републике Српске до 2025“, пољопривредно земљиште у Републици Српској заузимало је 981815 ha или 40% површине, док се према продуктивности и ефикасности искориштавања издваја земљиште површине 158000 ha (Нови урбанистички завод Републике Српске, 2013). Семберија је један од најзначајнијих пољопривредних рејона овог ентитета, па се у структури пољопривредних зона и површина Републике Српске налази на другом мјесту. Остварује удио од 27,2% у структури продуктивних пољопривредних површина, незнатно заостајући за пољопривредном зоном у средњем и доњем току ријеке Врбас, која има удио 29% продуктивних пољопривредних површина (Нови урбанистички завод Републике Српске, 2013, стр. 85).

Продуктивност и ефикасност пољопривредне производње условљена је постојањем квалитетних земљишних ресурса, водних ресурса и одговарајуће органске компоненте. Одржива пољопривредна производња обухвата коришћење природних ресурса засновано на примјени неопходних мјера заштите и очувања основних функција екосистема. Важност очувања квалитетних земљишних и водних ресурса Семберије за цијелу Републику Српску, Босну и Херцеговину, намеће обавезу примјене адекватних инструмената у области управљања природним ресурсима. Примјеном научно утемељених метода и техника геопросторне анализе, омогућава се креирање модела и симулације ефеката различитих просторних одлука у управљању ресурсима. На овај начин постиже се објективније прикупљање и креирање информационе базе за доношење адекватних рјешења и креирање политике управљања природним ресурсима. Полазећи од дате претпоставке, у раду је извршено геоеколошко вредновање простора Семберије за потребе агрошумарства.

Агрошумарство је уопштени назив за примјену комплексног мултифункционалног приступа у коришћењу земљишта, а који обухвата планску примјену трајних дрвенастих засада (дрвеће, жбунасте врсте) на парцелама са усјевима и/или домаћим животињама (пашњаци) (Lundgren B. , 1982). Дрвенасте културе се интегришу у систем намјене земљишта у виду карактеристичних

просторних форми или према специфичним временским секвенцама. Овај систем организације и управљања земљишним ресурсима превазилази раније проблеме произашле из успостављене дихотомије и искључиво конкурентских односа између шумарства и пољопривреде, у погледу права на земљиште. Према Велашевићу (Velašević, 1989) у равничарским подручјима која се налазе у долинама ријека, мањих котлина и поља, испољава се већи степен зависности пољопривреде од шумарства. Ова подручја изложена су поплавама, а њихова учесталост и трајање директно су пропорционални степену шумовитости ужих и ширих сливних подручја.

Могућност повезивања производне са заштитном функцијом даје предност примјени агрошумских система у начину коришћења земљишта руралних средина. Суштина овог начина организације и коришћења земљишта заснива се на четири кључне претпоставке: 1) обавезно обухвата комбиновање двије или три врсте биљака (или биљака и животиња), од којих бар једну врсту чине трајни дрвенасти засади; 2) агрошумарство увијек има бар двије излазне функције; 3) циклус агрошумских система траје дуже од једне године; 4) чак и најједноставнији агрошумски систем је еколошки, економски, функционално и структурно сложенији од монокултурног система (Lundgren & Raintree, 1983).

У протеклих 20 година прихваћена је нова дефиниција агрошумских система: „Динамичан, еколошки заснован, систем управљања природним ресурсима, који посредством интеграције дрвенастих врста у аграрни пејзаж и пољопривредне посједе, доприноси разноликости и одрживој производњи, уз повећање друштвене, еколошке и економске добити за кориснике земљишта на свим нивоима“ (FAO, 2015).

Категоризација агрошумских система заснова се на њиховим структурним и функционалним одликама. Структурне одлике односе се на тип и начин просторног организовања компонената, нарочито дрвенастих врста интегрисаних у агрошумски систем. Функционалним одликама обухваћени су улога или корист од примијењених компоненти система при чему се поново истиче улога дрвенастих врста. Полазећи од ових структурних обиљежја, агрошумски системи (Nair, 1985) су класификовани у четири категорије: а) агросилвикултурални – комбиновање усјева и дрвећа; 2) силвопасторални системи – комбиновање дрвећа и пашњака

(узгој домаћих животиња); 3) агросилвопасторални системи – комбиновање усјева, пашњака (животиње) са дрвећем и 4) остали системи – вишенамјенске парцеле дрвећа, комбиноване апикултуре и аквакултуре засноване на дрвенастим врстама. Од прве до треће категорије, основна одлика агрошумских система је производна функција док у основи осталих, вишенамјенских агросистема доминира функција заштите.

Заштитна функција, заснована на интеграцији дрвећа уз парцеле са усјевима или пашњацима, проводи се ради: заштите од вјетра, ради креирања склоништа за животиње, у функцији заштите земљишта од водне ерозије, одржавања стабилности ријечног приобаља, очувања влажности, побољшања квалитета земљишта, стварања засјене (хладовине) за ратарске културе, животиње и људе. У просторној организацији од прве до треће категорије агрошумских система преовладава комбинована садња дрвенастих врста, мање или веће густине, са усјевима, садња у редовима између усјева и сл. Код агрошумских система са заштитном функцијом, у зависности од циља успостављања агрошумског система, дрвенасте врсте су посађене на ивичном дијелу парцеле или поља са усјевима/пашњацима или у приобалним прелазним зонама уз водотоке. Суштина агрошумских система је интеграција продуктивне функције (добити), са функцијом заштите земљишта, управљањем површинским и подземним водама и биодиверзитетом (Nuberg, George, & Reid, 2009).

Процес планирања агрошумских система зависиће од постављених циљева управљања. За потребе анализе рецентних услова, сагледавања актуелних потреба и дефинисања одговарајућих циљева у процесу планирања агрошумских система, користе се различити алати, а њихова примјена зависиће од просторног обухвата и нивоа планирања. Виши нивои планирања попут предионог или геоеколошког планирања за потребе агрошумарства користе методе других сродних наука или научних дисциплина: хидрологије, екологије, географије, педологије, биологије и других. Истим факторима условљена је и примјена различитих техника у агрошумарству као апликативној научној дисциплини. Осим просторних одлика, методолошки апарат и примијењене технике истраживања зависиће од дефинисаних циљева и намјене самог истраживања. Технике истраживања за потребе агрошумарства обухватају примјену различитих инструмената попут:

социо-економских инструмената истраживања, статистичких инструмената, геопросторних техника и сл.

Примјена геопросторних метода и техника одвија се у различитим фазама: од креирања информационе базе података, преко аналитичких модела, израде сценарија или креирања алтернативних рјешења, до коначне визуелизације изабраног модела и презентовања изабраних просторних рјешења свим актерима управљања агрошумским системима. Развој науке и технологије, финансијска приступачност као и већа доступност просторних података и софтверских рјешења отвореног типа, омогућују нове увиде у процјену и вредновање потенцијала за агрошумске системе, ефикасније доношење одлука и унапређење политика у области агрошумарства. Геопросторне технологије у агрошумарству засноване на комбинованој примјени географских информационих система и даљинске детекције, користе се за картирање просторног обухвата агрошумских система, за креирање и анализу спектралног отиска дрвенастих врста, за процјену складиштења угљеника, анализу геопросторне погодности за агрошумске системе и сл. (Sharma, et al., 2022).

Анализе погодности треба да омогуће утврђивање оптималних локација на којима ће се остварити пуни потенцијал агрошумских система. Поступак се заснива на повезивању оптималних услова раста са потенцијалним производима агрошумских система. Почетак новог миленијума и период протеклих 20 година обиљежен је интензивнијом примјеном геопросторних технологија у вредновању земљишта у анализама погодности за агрошумарство. О примјени ГИС-а у вредновању ријечног слива за садњу врбе (*Salix spp*) у сливу ријеке Нехама у држави Небраска у САД и погодности за садњу више различитих дрвенастих врста на нивоу субсливова, писали су Бентруп и Лајнингер (Bentrup & Leininger, 2002). Бентруп и Келерман (Bentrup & Kellerman, 2003) писали су о примјени ГИС-а и агрошумарства у функцији постизања продуктивности и заштите животне средине. Бројна истраживања и анализе погодности за агрошумске системе примјеном геопросторних техника и метода рађена су за сливове, субсливове, регионе или савезне државе у Републици Индији (Ahmad, Rai, & Singh, 2010; Abdelrahman, Natarajan, & Hegde, 2016; Ahmad, Uddin, & Goparaju, 2018; Vikrant, Chauhan, Rizvi, & Maurya, 2018). Анализе погодности за агрошумарство у функцији одрживог

коришћења земљишних ресурса примјеном методе вишекритеријумског одлучивања АХП и ГИС-а рађене су за простор ДР Конга (Chuma, et al., 2021), за потребе агрошумских система у сливовима ријека у Етиопији (Admasu, Desta, Yeshitela, & Argaw, 2022), за анализу погодности за агрошумарство Дистрикта Мусанзе у Руанди (Ngwijabagabo, et al., 2021). Комбиновањем географских информационих система са „Фази“ АХП методом, рађене су анализе погодности за одрживу пољопривредну производњу (Rahaman, Ajeez, Aruchamy, & Jegankumar, 2015; Amini, Rohani, Hossein Aghkhani, Hossein Abbaspour-Fard, & Reza Asgharipour, 2022). Значајна истраживања односила су се на примјену геопросторних техника у функцији утврђивања оптималних локација за пошумљавање (Elhag, 2011; Nyeko, 2012), за идентификацију приоритетних површина за пошумљавање заштитних појасева ријечног приобаља (Carver, Danskin, Zaczek, Mangun, & Williard, 2004; Tomer, et al., 2009; Zhao, Xia, Hu, & Yang, 2013; Mykřá, et al., 2023) и утврђивање геопросторне погодности за садњу различитих дрвенастих врста (Bagaram, Mounir, & Ponette, 2016; Zope, Kalsekar, Chhatwani, & Mane, 2021; Tsiaras & Domakinis, 2023).

На простору Босне и Херцеговине, Републике Српске, нема јединствене информационе базе података о агрошумским системима, а научна истраживања на ову тему нису заступљена у довољној мјери. У земљама у региону, познавање и свијест о агрошумским системима организације и коришћења земљишта, знатно је раширенија. Истраживања о могућностима интегралне примјене шумских екосистема у функцији заштите земљишта од ерозије вјетром на простору данашње Србије датирају још од почетка XIX вијека, а један од примјера њихове имплементације је пројекат етапног пошумљавања Делиблатске пјешчаре, а који траје до данашњих дана. О могућностима примјене агрошумских система у Републици Србији писали су Орловић, Клашња, Галић и Пилиповић (Orlović, Klašnja, Galić, & Pilipović, 2007), а примјеном агрошумских система за потребе мултифункционалног начина коришћења земљишта бавили су се Дражић и др. (Dražić, et al., 2013). О агрошумским системима у региону Старе Плана писали су Ристић, Кадовић, Летић, Дјековић и Никић (Ristić, Kadović, Letić, Djeković, & Nikić, 2004), а одрживим коришћењем земљишног покривача у урбаним срединама Србије и могућностима примјене агрошумских система у контексту климатских

промјена, писали су Живановић Миљковић и Црнчевић (Živanović Miljković & Crnčević, 2019). Иако се у периоду протеклих двадесет година биљежи више истраживања у области агрошумарства на простору Босне и Херцеговине и сусједних земаља, још увијек су ријетка истраживања заснована на примјени савремених геопросторних технологија за идентификацију оптималних локација за потребе агрошумских система.

Имајући у виду недостатак геопросторних информација о потенцијалима за развој агрошумских система, урађена је анализа геопросторне погодности Семберије за потребе агрошумских система са основном функцијом заштите природних ресурса. Анализом геопросторне погодности обухваћено је седам дрвенастих врста: врба (*Salix spp.*), топола (*Populus spp.*), јова (*Alnus glutinosa*), храст лужњак (*Quercus robur*), храст китњак (*Quercus petraea*), буква (*Fagus sylvatica*) и багрем (*Robinia pseudoacacia*). Све дрвенасте врсте, осим багрема, су аутохтоне. Вредновањем је обухваћено и дрво багрема због широке распрострањености и вишевијековног присуства на Балканском полуострву и значаја које ово дрво има за фитосанацију, биомелиорацију, заштиту од дефлације, заштиту станишта од бујичних вода и примјене у апикултурним засадима. Приликом теренских истраживања за потребе анализе земљишног покривача, на простору Семберије (Велино село) утврђено је присуство продуктивних агрошумских система које чине ратарске културе са дрвенастом врстом Канадска топола (*Populus euramericana (Dode) Guinier*). Ова врста представља хибрид европске и америчке црне тополе, а има нарочит значај у заштити земљишта од дефлације. Канадска топола, као и остале врсте тополе, добро успијева на пјесковитом тлу, везује растресито тло, стабилизује ријечно приобаље и обезбјеђује заштиту од вјетра и звучног загађења (Wilkinson, 1999; He, Wan, Wang, Wan, & Lu, 2020). Нарочиту примјену налази за потребе регенерације земљишта и извлачење тешких метала (Borghi, Tognetti, Monteforti, & Sebastiani, 2008) и за производњу биомасе (Ferus, et al., 2020). Приликом селекције дрвенастих врста за потребе анализе погодности за мултифункционалне агрошумске системе, у обзир су узети раније утврђени фактори угрожавања природних ресурса на простору Семберије са подмајевичким крајем. Отпорност изабраних врста дрвећа на природне факторе угрожавања и заштитна функција изабраних врста приказани су у Табели 34.

Табела 34. Отпорност врста на факторе угрожавања природне средине и заштитна функција изабраних дрвенастих врста (Мekić, 1998; Stojnić, Orlović, Katanić, & Vasić, 2010; Govedar & Krstić, 2016; Štrbac, i drugi, 2022; Šilić, 1990)

| врста | врба | топола | јова | лужњак | китњак | буква | багрем |
|---|------|--------|------|--------|--------|-------|--------|
| вјетар | / | / | / | * | * | / | * |
| киселост тла | / | / | / | / | * | * | / |
| заслањеност тла | / | / | / | * | / | / | * |
| механичка оштећења | / | / | / | / | * | * | / |
| суша | / | / | / | * | * | / | * |
| отпорност/ заштитна и санациона функција | | | | | | | |
| засјена | / | / | / | / | / | * | / |
| поплавност | * | * | * | * | / | / | / |
| стабилизација пјесковитог тла | * | * | | * | / | / | * |
| стабилизација нагнутих површина | / | / | / | / | * | * | / |
| нитрификација | / | * | * | / | / | / | * |
| ремедијација од утицаја пестицида | * | * | / | / | / | / | / |
| споредна производна функција | | | | | | | |
| медоносност | * | / | * | * | / | / | * |

легенда: * посједује својство; / не посједује својство

На основу прегледа литературе (Табела 34) извршена је селекција дрвенастих врста са највећим капацитетом за заштиту земљишних ресурса на простору Семберије. У претходним поглављима у раду утврђено је постојање процеса ерозије изазваних водом и угроженост земљишних ресурса усљед појаве поплавних таласа који утичу на разарање земљишта, поткопавање ријечне обале, погоршавају структурна и ваздушна својства земљишта, док на већим површинама алувијалних равни проузрокују затрпавање земљишта акумулативним наносом.

Обалозоштитне шуме саде се у појасевима дуж обале водотока. Ови појасеви могу бити различите ширине, у зависности од природних услова и хидролошких

одлика водотока, при чему већа ширина заштитног појаса значи већу ефикасност заштите. Заштитни појас је подијељен у три зоне, у односу на водоток. У првој зони, у непосредном контакту обале са воденом површином, саде се биљне врсте које омогућавају стабилизацију обале и истовремено имају функцију биогеног филтера. Поред тога овај појас утиче на успоравање поплавног таласа, врши филтрацију воденог наноса, обезбјеђује станиште за копнене и акватичне организме ријечног приобаља. Ово је зона честог и интензивног плављења па се у овом појасу најчешће саде заједнице врбе и тополе. У забареним дијеловима приобаља могуће је присуство црне јове и врбе. На оцједитијем земљишту у овој зони најчешће је заступљен храст лужњак. У другој зони удаљености земљиште је мање влажно, а влажење тла услед плављења јавља се годишње у периоду краћем од 30 дана. На овом простору најзаступљеније су шуме лужњака и обичног граба (Govedar & Krstić, 2016). Поред улоге у филтрирању земљишта, у овом појасу може се одвијати интензивна фиторемедијација тла кроз усвајање пестицида и нитрата са пољопривредних површина, будући да дрвеће обезбјеђује максималну инфилтрацију и смањује брзину кретања воде која се прелива из зоне један.

Трећа зона је појас најудаљенији од водотока, а у непосредној близини пољопривредних култура или пашњака. Најчешће је чине травнате и грмолике биљке. Улога ове зоне је редукција плувијалне ерозије и површинског спирања тла са пољопривредних површина као и смањења потенцијалне енергије токова, приликом појаве поплавних таласа. На овај начин утиче се на смањење интензитета и масе однесеног тла под утицајем ерозије и поплава. У овој зони обавља се усвајање нутријената и хемикалија из земљишта и успорава одношење честица земљишта (Schultz, Isenhardt, & Long, 2018).

У раду је анализирана погодност простора и за храст китњак који се развија у неповољним станишним условима, настањујући терене већих нагиба. Буква је одабрана за анализу геопросторне погодности због доброг подношења лоших услова станишта попут сјеновитих површина и киселог тла. Ове шуме, поред заштитне функције, могу имати и секундарну, производну функцију у склопу силвопасторалних агрошумских система.

12.1. Подаци и методе у анализи погодности Семберије за агрошумарство

Подаци потребни за реализацију анализе погодности за потребе узгоја заштитних агрошумских система добијени су из различитих извора. Подаци о земљишту коришћени за креирање растерских слојева за типове земљишта и *ph* вриједност добијени су на основу векторског исјечка Педолошке карте Југославије, СР Босне и Херцеговине 1:50000 (Zavod za agropedologiju, 1972-1973) и података доступних у „*HWSD*“ бази података (FAO/IIASA/ISRIC/ISS-CAS/JRC, 2009). Подаци о надморској висини, нагибу, експозицији падина и топографском индексу влажности за простор Семберије креирани су примјеном дигиталног модела висина „*EU-DEM*“ (European Environment Agency, 2016), просторне резолуције 25 m × 25 m. Де Мартонов индекс суше за МС Бијељина, Тузла и Лозница израчунат је према обрасцу (5), описаном раније у поглављу о климатским карактеристикама Семберије. Накнадно је израчуната вриједност Де Мартоновог индекса за МС Сремска Митровица (РХМЗС, 1998-2022) ради веће прецизности приликом интерполације и креирања критеријумског растера. Растер удаљености од водотока креиран је на основу векторских података о сталним, површинским токовима Семберије, добијеним из Републичког водног информационог система (Воде Српске, 2022). Земљишни покривач анализиран је на основу растерског исјечка из свјетске базе о земљишном покривачу „*ESA World Cover 2021*“ (Zanaga, et al., 2022), просторне резолуције 10 m.

Агрошумарство као сложен системски модел у намјени земљишта засновано је на јединственом систему сагледавања проблема у управљању и организацији коришћења земљишта и уочавању потенцијала за њихово превазилажење (Woody, 1988). Квалитет и ефикасност овог система управљања земљиштем зависиће од низа компонената међу којима су квалитета геопросторних информација, ефикасност у пројектовању алтернативних рјешења и коначно усаглашености различитих заинтересованих актера у процесу одлучивања. Анализа погодности обухвата процесе идентификације и рангирања, према чему и резултати овакве анализе могу бити апсолутни и релативни (Church & Murray, 2009).

Постоји велики број метода које су примјењују за процјену геопросторне погодности за специфичну намјену. Најчешће коришћене методе у анализи

геопросторне или локацијске погодности засноване су на примјени техника картографског преклапања слојева (*map overlay*) у ГИС-у. Ова техника је саставни дио многих напреднијих модела попут различитих метода вишекритеријумског одлучивања, метода заснованих на компјутерским техникама, метода визуелизације и Веб ГИС-а (Malczewski, 2004). За одређивање геопросторне погодности често су коришћене методе вишекритеријумског одлучивања (Diaz-Balteiro, 2007), а нарочито аналитички хијерархијски процес (нпр. Feizizadeh & Blaschke, 2013; Romano, Dal Sasso, Liuzzi, & Gentile, 2015; Morales Jr & de Vries, 2021; Topuz & Deniz, 2023).

Аналитички хијерархијски процес (АХП) је сложени метод хијерархијског разлагања процеса одлучивања, на серију упоредних матрица одлучивања, након чега се изводи синтеза резултата. Одлучивачки процес заснива се на примјени скупа критеријума којима се долази до алтернативних рјешења (Saaty T. L., 1980). Међусобно поређење критеријума и одређивање њиховог утицаја у процесу одлучивања, врши се примјеном матрица упоређивања заснованих на деветостепеној скали преференција. За одређивања релативног значаја критеријума у међусобном поређењу користи се Сатијева скала (Saaty T. L., 2008).

Да би се извршило међусобно поређење (суб)критеријума i и утврдио степен значајности у поређењу са другим (суб)критеријумима j , креира се матрица $A_{n \times n}$ гдје n означава број (суб)критеријума коришћених у процесу вредновања (одлучивања). Сваки унос у матрици a_{ij} представља релативни значај датог i -тог (суб)критеријума у односу на j -ти (суб)критеријум. Вриједност $a_{ij} > 1$, упућује на већи значај i -тог (суб)критеријума у односу на j -ти, $a_{ij} < 1$, упућује на мањи степен значајности i -тог (суб)критеријума у односу на j -ти, док $a_{ij} = 1$, означава једнаку значајност (суб)критеријума. Носилац одлучивања користи матрице поређења за одређивање тежинских коефицијента w_i за сваки (суб)критеријум раније дефинисаног скупа (суб)критеријума (Saaty T. L., 1980; Saaty R. W., 1987; Triantaphyllou & Mann, 1995).

Провјера досљедности у одлучивању заснива се на примјени индекса конзистентности CI (*consistency index*), а који се рачуна према обрасцу (Zahedi, 1986):

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \quad (42)$$

гдје λ_{max} означава карактеристичну векторску вриједност а рачуна се на основу матрице. Ова вриједност увијек је већа или једнака n , а што је ближа вриједности n , већа је досљедност дате матрице. Вриједност n означава број (суб)критеријума дате матрице одлучивања. Коначна потврда степена конзистентности матрице одлучивања добија се на основу размјере конзистентности CR (*consistency ratio*). Вриједности CR ниже од 0.10 упућују на досљедност одлучивачког процеса изражену оцјенама у матрици. Размјер конзистентности се рачуна према обрасцу:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (43)$$

при чему RI означава индекс насумичности и представља вриједност индекса конзистентности уколико би дате вриједности у матрици биле у потпуности насумичне (Alonso & Lamata, 2006).

АХП метод омогућава групи учесника да разложе проблем на ниже хијерархијске нивое и дођу до рјешења, користећи своје знање, вриједносне судове и искуство (Chang, Parvathinathan, & Breden, 2008). Предност његове примјене приликом анализа локацијске погодности је могућност интеграције различитих информација, квантитативних и квалитативних индикатора у одлучивачком процесу, уз поштовање преференција носилаца одлучивања. Иако се традиционални АХП вишеструко примјењује у рјешавању сложених питања попут одрживог управљања природним ресурсима (Schmoldt, Kangas, Mendoza, & Pesonen, 2001), комплексно одлучивање често је праћено непрецизношћу и недостатком досљедности од стране носилаца одлучивања. Одлучивање је често засновано на несигурним преференцијама носилаца одлучивачког процеса, што се посљедично одражава на поузданост приликом рангирања алтернативних рјешења и потешкоћа у одређивању размјере конзистентности (Leung & Сао, 2000).

Ради превазилажења недостатака традиционалног АХП модела, користи се „Фази“ АХП модел. Овај модел обједињује математички модел „fuzzy“ теорије скупова (Zadeh, 1965) са АХП моделом. За утврђивање погодности услова станишта за заштитне агрошумске системе, примијењен је комбиновани модел фази логичког система са методом аналитичког хијерархијског процеса. Фази АХП

представља проширени АХП модел а у раду је овај метод коришћен за утврђивање тежинских коефицијената, свих критеријума примијењених у анализи. Међу првим ауторима који се баве овим моделом били су Ларховен и Педриц (Van Laarhoven & Pedrycz, 1983). Модел се заснива на примјени фази троугласте скале за утврђивање приоритета у матрици одлучивања. Примјеном фази скале узима се у обзир несигурност у процесу доношења одлука, за разлику од Сатијеве скале која користи прецизну нумеричку вриједност за изражавање приоритета у матрици одлучивања. Будући да је квантитативно изражавање одлука човјеку страно (Tolga, Demircan, & Kahraman, 2005), фази теорија скупова треба да омогући утврђивање степена припадности (сагласности) дате одлуке са дефинисаним вриједностима скале.

Фази АХП процес обухвата неколико фаза:

1. Дефинисање проблема и планирање,
 - прикупљање података, утврђивање критеријума, хијерархијско рашчлањивање проблема
2. Фазификација
 - дефинисање функције припадности фази скупу и фази скале
 - креирање фази матрице поређења користећи фази бројеве
3. Сакупљање (агрегација)
 - прорачун фази сета тежинских коефицијената
4. Дефазификација фази сета тежинских коефицијената
 - Примјена специфичних метода за конверзију фази сета тежинских коефицијената у јасно дефинисане класе или јединствену тежинску вриједност
5. Провјера досљедности (конзистентности) одлучивања

12.2. Селекција критеријума и интеграција Фази АХП методе у ГИС окружење

Вредновањем геопросторне погодности површина Семберије за потребе заштитних агрошумских комплекса обухваћено је седам дрвенастих врста. Простор Семберије анализиран је са аспекта услова станишта и локацијске погодности за успостављање комплекса агрошумских система. Процедурални ток геопросторног

вредновања за потребе агрошумских система приказан је на Слици 43. Прегледом литературе (Govedar, 2011; Govedar & Krstić, 2016; Mekić, 1998; Šafar, 1963; Jovanović B. , 1991) издвојено је девет критеријума за анализу локацијске погодности. Критеријумима су обухваћени земљишни услови, климатски услови, рељефни услови и социо-економски критеријум, изражен фактором земљишног покривача или намјене земљишта. Критеријум земљишта обухватао је тип земљишта и његову *ph* вриједност. Геоморфолошки критеријуми, са значајним утицајем на узгој и раст дрвенастих врста, су: надморска висина, нагиб рељефа, експозиција и ТВИ. ТВИ често налази примјену у анализама за потребе агрошумских система а користи се као индикатор влажности земљишта под утицајем локалне топографије (Winzeler, et al., 2022).



Слика 43. Процедурални ток геопросторног вредновања за агрошумске системе (заштитне шуме)

Друга фаза у вредновању геопросторне погодности обухватала је примјену Фази АХП методологије или етапу „фазификације“. Процес фазификације обухвата дефинисање функције припадности фази скупу, примјену фази скале и креирање матрице одлучивања користећи фази бројеве. Процес фазификације почиње

примјеном фази скале. У овој анализи коришћен је троугласти фази сет (Табела 35) којим се замјењује оцјењивање по Сатијевој скали.

Табела 35. Фази АХП троугласта скала кориштена у процесу фазификације (Lee, Mogi, & Hui, 2013)

| Значај на апсолутној скали | Дефиниција | Фази АХП скала |
|----------------------------|---------------------------|----------------|
| 1 | Једнако важно | 1, 1, 1 |
| 3 | Умјерено важно | 2, 3, 4 |
| 5 | Веома или јако важно | 4, 5, 6 |
| 7 | Врло строга важност | 6, 7, 8 |
| 9 | Екстремна важност | 9, 9, 9 |
| 2 | Средње вриједности између | 1, 2, 3 |
| 4 | двје сусједне процјене | 3, 4, 5 |
| 6 | | 5, 6, 7 |
| 8 | | 7, 8, 9 |

Други корак у процесу **фазификације** је креирање матрице одлучивања димензија $n \times n$.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (44)$$

гдје a_{ij} представља релативни значај датог критеријума i у односу на критеријум j ; при чему су $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$. Вриједност a_{ij} означава фази скуп који чине l_{ij}, m_{ij} и u_{ij} (*lower limit value, middle value, upper limit value*), при чему l_{ij} означава најнижу вриједност фази скупа бројева, m_{ij} представља средњу вриједност и u_{ij} означава највишу вриједност у датом скупу. Реципрочна вриједност у матрици уписује се према (Chang D. Y., 1996):

$$a_{ij}^- = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})^- = \left(\frac{1}{u}, \frac{1}{m}, \frac{1}{l} \right) \quad (45)$$

$$a_{ij} = 1, \text{ за } i = j$$

У фази **агрегације** коришћен је метод геометријске средине за прорачун тежинских коефицијената за сваки (суб)критеријум. Ако је фази матрица поређења $A = [a_{ij}]_{n \times n}$, при чему n означава број (суб)критеријума, а a_{ij} означава релативни значај i -тог (суб)критеријума у односу на j -ти (суб)критеријум у матрици одлучивања. Ако се претпостави да у матрици A , $a_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ представља

агрегацију релативног значаја (суб)критеријума i у односу на (суб)критеријум j , онда w_i означава тежински коефицијент (суб)критеријума i . Геометријска средина реда r_i у матрици A , рачуна се изразом (Buckley, 1985; Demirel, Demirel, & Kahraman, 2008):

$$r_i = \left[\prod_{j=1}^n (a_{ij})^{\frac{1}{n}} \right] \text{ за свако } i \quad (46)$$

Фази тежина w_i (суб)критеријума i рачуна се изразом:

$$w_i = r_i \otimes \left[\sum_{j=1}^n r_j \right]^{-1} \quad (47)$$

гдје n означава број (суб)критеријума у матрици поређења. Процес **дефазификације**, претварања фази тежине $w_i = (l_{wi}, m_{wi}, u_{wi})$ у јединствену тежинску вриједност W_i , извршен је примјеном методе пондерисаног тежишта троугла *COA* (*Centre of area weights*), а према изразу (Yayla, Oztekin, Gumus, & Gunasekaran, 2015):

$$W_i = \frac{[(u_{wi} - l_{wi}) + (m_{wi} - l_{wi})]}{3} + l_{wi} \quad (48)$$

Нормализација, NW_i је извршена према обрасцу (Chauhan, Agarwal, Garg, & Choudhury, 2020):

$$NW_i = \frac{W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (49)$$

Провјера конзистентности матрице одлучивања заснована је на Сатијевом обрасцу (43) за прорачун размјере конзистентности. Добијене вриједности тежинских коефицијента за сваки субкритеријум и коначне тежинске (пондерисане) вриједности критеријума имплементирани су у ГИС окружење. Прва фаза односила се на креирање растерских картографских слојева. Картографски слојеви су рекласификовани на дефинисане класе, (суб)критеријуме, од значаја за утврђивање геопросторне погодности за потребе дрвенстих врста. Свакој класи критеријума, додијелена је тежинска вриједност утврђена у претходној етапи анализе, коришћењем Фази АХП модела. Коначна процјена геопросторне погодности извршена је примјеном методе сумирања пондерисаних картографских слојева (*weighted sum*).

Метод суме пондерисаних картографских слојева заснива се на претпоставци да је коначан скор вриједности алтернативе (локације) једнак пондерисаном збиру њених оцјена, добијених у процесу евалуације (Mateo, 2012). Пондери или тежински коефицијенти представљају релативни значај (суб)критеријума и додјељују се растерском слоју сваког критеријума. Овај метод омогућава стандардизацију континуалних растерских слојева (критеријума) у јединствен нумерички опсег, након чега се врши комбиновање критеријума. Комбиновање се заснива на операцији множења сваког критеријумског картографског слоја са одговарајућим пондером датог критеријума израчунатим у претходној фази, након чега се рачуна коначна сума (скор) вриједности по свакој ћелији растера. У основи ове методе је следећи математички образац (Malczewski, 2000; Findawati, Qomariyah, Fitroni, & Abdullah, 2018):

$$S = \sum_{i=1}^n W_i x_i \quad (50)$$

при чему је S – погодност, W_i – нормализовани тежински коефицијент критеријума i ; x_i тежински скор критеријума i . У раду је примијењен и модел рестрикције (*Boolean Constrains*). Увођење рестриktivних површина представља основну премису агрошумских система, будући да овај систем организације и коришћења површина забрањује деградацију постојећег шумског покривача, преферирајући мање површине пољопривредног земљишта за постизање максималних бенефита. Рестриktivни модел омогућава идентификацију и аналитичко искључивање површина у потпуности непогодних за вредновање. Коначни растер геопросторне погодности представља производ растера погодности добијеног моделом пондерисаних сума и растера рестрикције, а добија се према модификованом обрасцу (Drobne & Lisec, 2009):

$$S = \sum_{i=1}^n W_i x_i \cdot c_8 \quad (51)$$

при чему је c_8 – вриједност забране по критеријуму n_8 . У раду је примјењен један рестриktivни критеријум, n_8 или земљишни покривач.

12.3. Резултати процјене тежинских коефицијената за потребе агрошумарства

У првој фази креиран је сет растерских картографских слојева за свих девет критеријума и за свих седам врста дрвећа. Карте критеријума приказане су у ПРИЛОГУ 24. Сви картографски слојеви су рекласификовани на категорије или субкритеријуме. Субкритеријумима су додијељене вриједности тежинских коефицијената израчунате за сваку дрвенасту врсту примјеном Фази АХП модела. Након утврђивања тежинских коефицијената за субкритеријуме, поновним коришћењем матрице поређења утврђени су тежински коефицијенти критеријума (Табела 36). За све дрвенасте врсте су коришћени идентични тежински фактори критеријума будући да се оцјењује погодност свих врста за идентичну функцију и да је њихова локацијска погодност одређена истим сетом еколошких фактора.

Табела 36. Тежински коефицијенти критеријума

| критеријум | <i>fuzzy CW_i</i> | | | CR_m | COA | NW_i |
|--------------------|-----------------------------|----------|----------|--------|-------|--------|
| | l_{wi} | m_{wi} | u_{wi} | | | |
| тип земљишта | 0,032 | 0,049 | 0,078 | 0,086 | 0,053 | 0,050 |
| <i>Ph</i> земљишта | 0,049 | 0,075 | 0,120 | | 0,081 | 0,076 |
| надморска висина | 0,011 | 0,015 | 0,023 | | 0,016 | 0,015 |
| нагиб | 0,133 | 0,217 | 0,350 | | 0,233 | 0,218 |
| експозиција | 0,074 | 0,116 | 0,184 | | 0,125 | 0,117 |
| ТВИ | 0,112 | 0,175 | 0,283 | | 0,190 | 0,178 |
| ДМ ИС | 0,021 | 0,032 | 0,049 | | 0,034 | 0,032 |
| удаљеност од вода | 0,191 | 0,299 | 0,447 | | 0,312 | 0,292 |
| земљишни покривач | 0,015 | 0,023 | 0,035 | | 0,024 | 0,023 |

Приликом утврђивања релативног значаја критеријума за потребе постављања заштитних агрошумских система, највећа тежина додијељена је критеријуму удаљености од вода и рељефним критеријумима. Нормализована тежинска вриједност критеријума удаљености од водотока износи 0,292. Овај критеријум има највећу тежинску вриједност будући да представља темељни фактор утицаја приликом вредновања за агрошумске системе, а чија основна функција је заштита земљишта од водне ерозије, стабилизација тла и природно контролисање брзине поплавног таласа. Други фактор према тежинској вриједности је нагиб падина са вриједношћу 0,218. Нагиб падина одређује локацију, просторни размјештај и тип заштитних агрошумских система, а скупа са

експозицијом представља важан еколошки фактор у процјени станишне погодности за узгој дрвећа. ТВИ је трећи фактор према вриједности тежинског коефицијента, а износи 0,178. Индекс ТВИ указује на услове влажности тла посредством утицаја рељефа на процесе отицања или акумулације. Влажност тла и присуство ексцесивне влажности представља важан фактор регулације услова станишта код дрвенастих врста. Врбе, тополе, јове и храст лужњак имају већу толерантност на влажно тло, за разлику од храста китњака и букве који захтијевају оцједитије тло. Четврти фактор према значају за потребе лоцирања заштитних агрошумских система је експозиција. Експозиција падина са тежинским коефицијентом 0,117 посредно дјелује на измјену микроклиматских услова, условљавајући степен осунчаности, топлотне услове и задржавање сњежног покривача што је од нарочитог значаја приликом селекције врста примијењених у агрошумским системима. Фактори попут *Ph* вриједности земљишта, са тежинским коефицијентом 0,034 и тип земљишта, са 0,016, имају мањи утицај на геопросторну погодност за заштитне агрошумске системе будући да је Семберија униформан равничарски простор, са слабо израженом хоризонталном промјенљивошћу ових фактора.

Де Мартонов индекс суше и надморска висина припадају групи фактора са мањим утицајем у анализи геопросторне погодности, због мале промјенљивости и адаптације вреднованих аутохтоних врста на локалне промјене ових фактора. Фактору Де Мартоновог индекса суше додијељена је тежина 0,032 а фактору надморске висине, 0,016. Земљишни покривач оцијењен је тежинским коефицијентом 0,023 из разлога што су шумске, урбане и водене површине као субкритеријуми већ уврштени у рестриктивне површине за потребе агрошумских система. Разлике у степену погодности између осталих класа земљишног покривача попут ораница, ливада и пашњака, огољених површина, нису изражене, будући да су ове класе предвиђене бар једним обликом (типом) организације агрошумских система. Шумске површине искључене су из анализе будући да успостава заштитних агрошумских система никада не смије проузроковати дефорестацију и нарушавање постојећих шумских екосистема.

12.4. Резултати геоеколошког вредновања Семберије за потребе агрошумарства

Резултати појединачног вредновања површина на простору Семберије са подмајевичким крајем за потребе седам различитих дрвенастих врста приказани су на карти датој у ПРИЛОГУ 25. Растери погодности за свих седам врста дрвећа, рекласификовани су у четири класе (категорије), примјеном методе квантила. Прву категорију чине рестриктивне површине које су изузете из поступка вредновања, а заузимају 44,8% или 538,23 km². Другој категорији погодности припадају слабо погодне површине. Према резултатима вредновања, простор истраживања већински је непогодан за стабла врбе, лужњака и букве, будући да код ових врста више од једне трећине вреднованог простора припада категорији слабе погодности. Висок удио слабо погодних површина код ових дрвенастих врста резултат је специфичних станишних услова датих врста које захтијевају веће присуство влаге у земљишту, раван терен или јужно, југозападно експониране стране (изузев букве). Најмањи проценат заступљености површина у категорији слабе погодности, има храст китњак, са 18,3%, док највећи удио у категорији слабо погодних површина има врба са 18,8%.

Према процентуалној заступљености у категорији веома погодних површина, највећу заступљеност имају јова, багрем и буква са удјелом 18,41% површине или 221,3 km². Храст лужњак је у категорији веома погодних површина заступљен са 18,4%, а храст китњак са 18,1% површине. У категорији веома погодних површина најмање су заступљене површине погодне за тополе са 17,7% или 212,7 km² и врбе са 17,8% или 213,8 km². Површине највеће погодности за дате врсте ограничене су уским ареалом распрострања у равничарском дијелу алувијалних равни Лукавца, Јање и Тавне и ријечним терасама Саве и Дрине. У категорији умјерено погодних површина највећу заступљеност има топола. Према резултатима датим у Табели 37, у категорији умјерено погодних површина Семберије са подмајевичким крајем, највећу заступљеност има топола са 19% површине или 229 km², затим храст китњак са 18,9% и врба са 18,7% површине. Обзиром да је истраживањем обухваћен геоморфолошки разнолик терен, од равничарског, брежуљкастог до нископланинског рељефа, претпоставља се да топола, храст китњак и багрем, имају

највећу способност адаптације и еколошку толерантност према промјенама датих фактора и услова станишта.

Табела 37. Површине према погодности за специфичне врсте

| врста | | врба | топола | јова | храст лужњак | храст китњак | буква | багрем |
|---------------------|---------------|--------|--------|--------|-----------------|-----------------|--------|--------|
| погодност | мин - макс | 0-0,41 | 0-0,40 | 0-0,41 | 0-0,41 | 0-0,42 | 0-0,41 | 0-0,38 |
| слабо погодно | | 225,4 | 222,4 | 221,4 | 222,1 | 219,7 | 221,6 | 221,5 |
| умјерено погодно | km | 224,9 | 229,0 | 221,4 | 221,1 | 227,2 | 221,4 | 221,5 |
| веома погодно | | 213,8 | 212,7 | 221,3 | 220,9 | 217,5 | 221,3 | 221,3 |
| слабо погодно | | 18,7 | 18,5 | 18,4 | 18,5 | 18,3 | 18,4 | 18,4 |
| умјерено погодно | % | 18,7 | 19 | 18,4 | 18,4 | 18,9 | 18,4 | 18,4 |
| веома погодно | | 17,8 | 17,7 | 18,4 | 18,4 | 18,1 | 18,4 | 18,4 |
| непогодно | | | | | 44,8 | | | |

Укупно посматрано, највеће површине су погодне за врсте: јову, багрем, храст лужњак, храст китњак и букву. На простору истраживања најмања је погодност површина за тополе и врбе, будући да су еколошки услови станишта за ове врсте најчешће везани за уске просторне ареале ријечног приобаља. Једнаку површинску заступљеност у све три категорије погодности (слабо, умјерено, веома погодно) имају јова, багрем и буква, па према томе ова стабла припадају категорији најпогоднијих за креирање агрошумских засада, на цијелом посматраном простору.

12.5. Провјера осјетљивости одлучивачког процеса

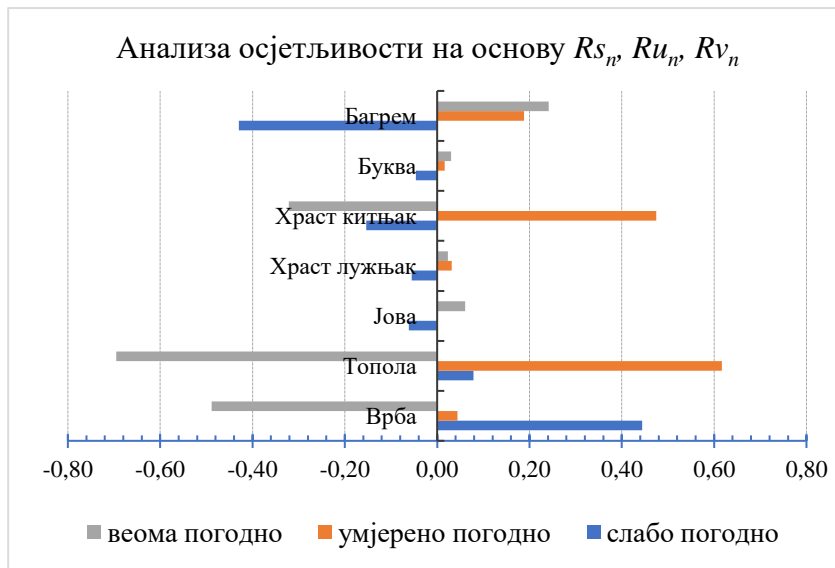
Резултати одлучивачког процеса добијени су множењем синтезног скорa сваког критеријума са његовим специфичним тежинским коефицијентом W_i , након чега је извршено сумирање добијених вриједности. Провјера осјетљивости процеса одлучивања обухвата истраживање условљености резултата промјеном тежинских коефицијената критеријума. У овом раду је анализа осјетљивости заснована на поновљеном поступку вредновања методом пондерисане суме при чему је свим

критеријумима додијељен једнак степен значајности, а према обрасцу $W_i = 1$, за $i = 1, 2, 3 \dots 9$.

Коначна провјера осјетљивости извршена је на основу разлике у резултатима добијеним у првобитном поступку вредновања и резултата добијених у поступку са стандардизованим вриједностима тежинских коефицијената за све критеријуме (Слика 44). Испитивање разлика обухватало је анализу дистрибуције површина по категоријама погодности, између два случаја: а) површина израчунатих примјеном **специфичних** тежинских коефицијента додијељених у матрици одливања и б) површина израчунатих на основу синтезног скорa добијеног примјеном **једнаких** тежинских коефицијената за све критеријуме. Провјера осјетљивости урађена је према обрасцима:

$$\begin{aligned}Rs_n &= Ps_a - Ps_b \\Ru_n &= Pu_a - Pu_b \\Rv_n &= Pv_a - Pv_b\end{aligned}\tag{52}$$

за $n = 1, 2, 3 \dots 7$, а при чему је: Ps_a површина дате врсте n (у процентима) у категоријама: слабо погодно / Pu_a умјерено погодно / Pv_a веома погодно, добијена множењем тежинским коефицијентима, специфичним за сваки појединачни критеријум; Ps_b - површина дате врсте у категорији слабо / Pu_b умјерено / Pv_b веома погодно, израчуната на основу растера добијеног примјеном једнаких вриједности тежинског коефицијента $W_i = 1$; Rs_n – разлика у површини погодности у категорији слабе / Ru_n умјерене / Rv_n велике погодности (изражена у %).



Слика 44. Осјетљивост резултата на додијелене тежинске коефицијенте

Резултати анализе осјетљивости (Слика 44) добијени су на основу разлике између површина погодности израчунатих примјеном специфичних тежинских коефицијената и површина погодности добијених примјеном једнаких тежинских коефицијената за све критеријуме. Резултати су исказани у процентима површине. Анализом опсега одступања вриједности по врстама, највећа одступања уочавају се код топола и врба, затим храста китњака и багрема. Апсолутна разлика у површинама између два модела вредновања за тополе износи 1,32%. Према моделу са прецизно дефинисаним тежинским коефицијентима у средње погодну категорију сврстано је 0,6% више површина, док је по истом моделу било 0,7% мање површина у категорији високе погодности за тополе.

Поређењем резултата вредновања за потребе садње врбе, апсолутна разлика износи 0,9%, при чему су у категорији слабе погодности добијене вриједности веће за 0,4%, док је у категорији велике погодности модел показао 0,5% мање површина, у односу на модел са једнаким тежинским коефицијентима. Најмања апсолутна разлика између резултата ова два модела била је у дистрибуцији погодности површина за стабла јове, лужњака и букве, у износу 0,1%.

12.6. Размјештај погодних површина за вредноване врсте

Категорија веома погодних површина за потребе садње врбе обухватала је површину од 213,8 km² или 17,8% површине. Површине са највећом погодношћу за садњу врбе, најраспрострањеније су у хипсометријски најнижем дијелу Семберије, са надморском висином до 140 m. Површине највеће погодности за врбе распрострањене су на ријечним терасама Саве и Дрине. Веома погодним површинама за стабла врбе оцијењене су и ријечне долине у предјелима са релативно вишом надморском висином, попут долина: Лукавца (Гњице), Бијеле ријеке, ријеке Јање и ријеке Тавне, у њеном равничарском дијелу тока. Према категоријама земљишног покривача, 85,8% најпогоднијих површина за врбе користи се као пољопривредно земљиште, док је у категорији пашњака 14% најпогоднијих површина.

Најпогодније површине за стабла тополе комплементарне су размјештају најпогоднијих површина за потребе врбе. Површине једнако погодности за обје врсте, обухватају 199,7 km² што је подударање од 94% површина. У природној обнови, заједнице врба и топола заступљене су у литоралном и супралиторалном дијелу ријечног приобаља. Ове зоне обухватају најниже дијелове алувијалних равни гдје преовлађују високи нивои подземне воде, а земљиште је често изложено плавлеењу. Према размјештају најпогоднијих површина за тополе у односу на начин коришћења земљишта, 86,7% веома погодних површина налази се на пољопривредном земљишту, док је 13,1% површина на пашњацима.

Уз стабла врба и топола, на мочварном земљишту забарених депресија у ријечним долинама, у природној обнови најзаступљеније су јове (Govedar & Krstić, 2016, стр. 95). Најпогодније површине за стабла јове заступљене су на ужем простору Семберије, у равничарским, често меандарским дијеловима ријечних токова Лукавца, Јање и Тавне као и рјечица, Мезграјице, Лабуђанске ријеке, Брезовице и Главаче. Распрострањеност најпогоднијих површина за потребе садње јове условљена је влажним и осунчаним стаништима, у непосредној близини ријечних токова. Подударност најпогоднијих локација јове са најпогоднијим локацијама врба и топола износи 198,5 km² или 89,7%. Висок проценат подударности најпогоднијих површина између врбе, тополе и јове, одговара

њиховом природном размјештају и честом комбиновању унутар истог станишта. Примарна заштитна функција код све три врсте је обалозаштитна, односно контрола и смањивање утицаја водне ерозије у ријечном приобаљу. Анализом размјештаја најпогоднијих врста у односу на земљишни покривач, 86,8% најпогоднијих површина за садњу јове припада категорији пољопривредног земљишта, док је на пашњацима лоцирано 13% најпогоднијих површина.

Храст лужњак припада најраспрострањенијим дрвенастим врста на простору Семберије, па најпогодније површине за ову врсту обухватају 220,9 km² или 33% погодне површине. Најпогодније површине за потребе лужњака распрострањене су у ниским, равничарским дијеловима мањих ријечних долина и ријечној тераси Дрине. Простор највеће погодности обухвата сјевероисточни дио Семберије, нарочито приобални, плавни дио лоциран непосредно уз ушће Дрине у Саву. Лужњак је природно распрострањен на оцједитим површинама у ријечним долинама. Најзаступљенији је у зонама изложеним врло кратким периодима плавлена, а оптималне површине за храст лужњак погодне су и за друге хигрофилне, обалозаштитне врсте (Govedar & Krstić, 2016). Највећу подударност у размјештају оптималних површина има са јовама, у износу 66% површине и тополама, са 64% подударне површине у категорији највеће погодности. У природи се лужњак често среће у заједницама са пољским јасеном или обичним грабом, а ове заједнице заступљене су и на простору Семберије. Најпогодније површине заступљене су у алувијалним равнима семберских ријека и брежуљкастом рељефу до 240 m надморске висине. Према категоријама земљишног покривача, укупно 84,2% најпогоднијих површина за лужњак налази се на пољопривредном земљишту, док је у категорији пашњака 15,6% површина.

Најпогодније површине за храст китњак заузимају 217,5 km² или 33,3% вредноване територије. Ове површине најраспрострањеније су на флувио-денудационој површи представљеној брежуљкастим рељефом између ријечних долина Јање и Лукавца. Веома погодне површине за раст хрста китњака су релативно стрме падинске стране ријечних долина Лукавца и Јање и ободни дијелови лопарске и угљевичке котлине. Храст китњак обезбјеђује стабилизацију тла, а често се сади уз усјеве у функцији заштите од вјетра. Поред заштитне има и производну функцију, нарочито у силвопасторалним агросистемима, у којима се

жир користи у прехрани животиња. У природи, на простору Семберије, ова врста је заступљена у мјешовитој састојини са обичним грабом (*Quercus-Carpinetum*). Највеће распрострањење погодних површина за храст китњак је у категорији пољопривредног земљишта у износу 59,5 %, са високим удјелом погодности и у категорији пашњака, са 34,8% површина.

Најпогодније површине за букву заузимају 221,2 km² или 32,8% вредноване површине. Површине велике погодности за букву распрострањене су на територији цијелог простора истраживања, а најзаступљеније су је у субпланинском и планинском дијелу Мајевице. На овим просторима, најпогодније површине су хипсометријски виши предјели, изнад 520 m надморске висине, са релативно нагнутим падинама, сјеверне и сјевероисточне експозиције. Узевши у обзир анализирани категорије земљишног покривача, 66,7% најпогоднијих површина за букву, налази се у категорији пољопривредних површина, док је 32,5% површина лоцирано на пашњачким површинама. Ове вриједности указују на потребе промјене у начину коришћења земљишта ради успостављања заштитних појасева агрошумских система.

Површине погодне за узгој багрема заузимају 221,3 km² или 33,3% вредноване површине истраживања. Изузимањем рестриктивних површина на којима већ постоје шуме, мочварни екосистеми, водене или изграђених површине, укупна просторна погодност за багрем износи 33,3%. Због велике адаптираности врсте и толерантности на промјену еколошких услова, површине погодне за багрем имају велико просторно распрострањење.

Погодне и веома погодне површине једнако су распрострањене на равничарском, брежуљкастом и планинском рељефу. Веома погодне површине су најзаступљеније на благо нагнутим падинама са оцједитим земљиштем, у лопарској и угљевичкој котлини. Значајно распрострањење погодне површине имају у најнижем дијелу Семберије, у долинама Дрине и Саве и на брежуљкастом рељефу Семберије. У природи се ова врста често среће у низијама и у близини ријечних корита. Анализом размјештаја површина према категорији земљишног покривача, 65,8% најпогоднијих површина лоцирано је на пољопривредним површинама са ратарским културама, док је 33,5% површина заступљено у категорији пашњака. На огољеним површинама веома погодно је свега 0,7 km² земљишта. Према

препукама Јовановића (Јовановић В. , 1991, стр. 313) интродукцију багрема треба вршити на земљиштима лошијег квалитета, које он може заштити, а на квалитетнијим земљиштима дати предност садњи аутохтоних врста дрвећа. И поред тога, багрем припада групи најчешће примјењиваних врста због његових фитосанацијских особина и заштите земљишта од ерозивних процеса.



Слика 45. Агрошумски систем канадских топола са ратарским културама у Велином Селу у Бијељини (3. 7. 2021)

На основу анализе геопросторне погодности за агрошумске системе и размјештаја најпогоднијих површина закључујемо:

- Према распрострањености веома погодних површина, простор истраживања је најпогоднији за стабла букве, багрема, јове и лужњака;
- Најмање распрострањење веома погодних површина имају тополе и врбе
- За потребе подизања заштитних агрошумских система, у виду заштитних појасева у ријечним долинама или на парцелама у рубним дијеловима пољопривредних површина, потребно је урадити промјену намјене земљишта;
- Најпогодније површине за врбе, тополе, јове и храст лужњак распрострањене су на пољопривредном земљишту, са више од 80% најпогоднијих површина на овом типу земљишног покривача;

- Веома погодне површине за храст китњак, букву и багрем, поред знатне распрострањености на пољопривредном земљишту, веома су распрострањене на пашњацима, са више од 30% веома погодних површина;
- Приликом успостављања агрошумских система на простору Семберије најчешћа потенцијална промјена намјене површина обухватала би релативно смањење ратарских површина ради обнове заштитних појасева и рефорестације;
- Посебну пажњу потребно је посветити заштити барских и мочварних површина, које су изложене процесима трансформације и промјене намјене у пољопривредно земљиште;
- Приликом имплементирања дрвенастих засада предност је потребно дати домаћим врстама;
- Селекција и прецизнија идентификација потенцијалних локација за агрошумске системе зависи од осјетљивости врсте на измјену природних фактора, потенцијалне угрожености природним и антропогеним процесима и коначних преференција корисника (власника) земљишта;
- Уз коришћење ГИС алата, примјена осталих комплементарних индикатора и инструмената, индекса предионе метрике и ЛИДАР технологије, могла би унаприједити прецизност идентификације потенцијалних локација за успостављање заштитних агрошумских система.

13. ПРИМЈЕНА ГИС-А И МОДЕЛА ГАМ У ФУНКЦИЈИ ТУРИСТИЧКЕ ВАЛОРИЗАЦИЈЕ ПРИРОДНИХ ПОТЕНЦИЈАЛА

Константно осавремењивање и креирање нових приступа одрживог коришћења и управљања природним ресурсима у туризму утицало је на настанак и развој нових приступа и активности у коришћењу природних добара у туризму на ефикасан и одржив начин. На конференцији у Рију, 1992. (UN, 1992), истакнут је значај биолошких ресурса и потреба за идентификацијом, очувањем и одрживим приступом коришћењу разноликих биолошких ресурса на Земљи. Овакав приступ промовисан је под терминолошком одредницом „биодиверзитет“. Недуго затим, овај термин је по аналогији послужио као основа, осталим научницима, заинтересованим за истраживање разноликости и заштиту абиотичке компоненте Земље, за дефинисање термина „геодиверзитет“ (Sharples, 1993). Хронолошки преглед развоја овог научног правца, са приказом семантичких варијетета, термина „геодиверзитет“ приказао је Греј (Gray, 2008) у свом раду „Геодиверзитет: развој парадигме“. Према Греју, геодиверзитет је дефинисан као „природна разноликост геолошких (минерали, стијене, фосили), геоморфолошких (рељефни облици, топографија, физички процеси) и земљишних облика. Обухвата њихов склоп, својства, интеракције, тумачења и системе“ (Gray, 2004, стр. 8). Будући да геодиверзитет прате динамички процеси развоја и трансформације, овим термином обухваћени су колективно, сви до сада откривени облици геодиверзитета и хипотетички диверзитет, који тек треба да буде откривен.

Геодиверзитет нарочито постаје средиште научног и јавног интересовања са интензивирањем процеса експлоатације, уништавања или оштећивања, геолошких, а посебно минералних ресурса. Геоконзервација односи се на методе, процедуре и акте заштите геодиверзитета. Коначно, термином „геонаслјеђе“ обухваћени су само „до сада идентификовани елементи геодиверзитета, који се сматрају вриједним заштите због свог значаја или друге вриједности“ (Gray, 2018, стр. 15).

Према дефинисаној терминологији произилази да су геолокалитети мјеста (локалитети) са специфичним елементима геодиверзитета, различитих димензија, а који се одликују великом научном, едукативном, естетском и културном вриједношћу (Panizza, 2001). Често је научна вриједност преференцијална

приликом идентификације геолокалитета. Суштину геоконзервације чине локалитети или *ex situ* вриједни елементи геодиверзитета, којима се управља кроз специфичне процесе инвентаризације, вредновања, заштите, процјене и мониторинга (Brilha, 2014). Према актуелним сазнањима о абиотичким компонентама земље, а у складу са вриједносним принципима данашњег друштва, развија се нови приступ вредновању и коришћењу геодиверзитета. Овај приступ обухвата заштиту и коришћење у области одрживог туризма.

Геотуризам је специфичан вид туризма заснован на елементима природе са фокусом на геолошке структуре и пејзаж. Савремени геотуризам се развија као нови правац подршке и промоције заштите геодиверзитета а односи се на туристе заинтересоване за природне пејзаже, рељефне облике и процесе који су учествовали у обликовању рељефа (Dowling & Newsome, 2006). Примарни циљ ове активности је креирање туристичког доживљаја у вези са геолошким или геоморфолошким облицима Земље, а који носи бенефите локалној заједници, истовремено подстичући еколошко и културолошко разумијевање, поштовање и заштиту (Dowling, 2013). Хосе (Hose, 2005) геотуристичке локалитете дијели на примарне и секундарне. Примарним локалитетима сматра откривене, природне или вјештачке, геолошке и геоморфолошке облике распрострањене на ограниченом простору, а који су бар локално значајни по својим научним, едукативним и интерпретативним вриједностима. Секундарни тип геолокалитета садржи облике или нека својства, која бар локално „имају значај за историју, развој, презентацију и интерпретацију геологије или геоморфологије“ (Hose, 2005, стр. 29).

Картирање засновано на географским информационим система представља основни предуслов успјешног управљања и коришћења земљишта будући да обезбјеђује прецизну идентификацију локалитета. Примјеном ГИС-а у управљању геодиверзитетом обезбјеђује се једноставно преношење информација о геолошким и геоморфолошким феноменима као и управљање сложеним информационим скуповима података о Земљиној површини и рељефним формама. (Fuertes-Gutiérrez & Fernández-Martínez, 2012; Zwoliński, Najwer, & Giardino, 2018). ГИС омогућава коришћење различитих алата и техника које се примјењују на разноврсне начине у циљу постизања одрживог туристичког развоја. Специфичне аналитичке методе и технике визуелизације омогућавају

примјену ГИС-а у различитим аспектима управљања туристичким потенцијалима, почевши од идентификације и вредновања потенцијалних туристичких локалитета, интеграције геопросторних података и других атрибута о потенцијалним и туристичким активираним локалитетима, њихове промоције и мониторинга у циљу заштите и одрживог управљања природним потенцијалима у туризму (Hajdú & Pál, 2022).

Географски информациони системи у функцији планирања одрживог туристичког развоја примјењују се у различитим фазама планирања: за инвентаризацију туристичких ресурса, за идентификацију најпогоднијих локација за развој туризма, за утврђивање актуелних утицаја туризма, за управљање и организовање кретања посјетилаца, за анализу образаца и узрочно посљедичних веза у вези са алокацијом ресурса у туризму и коначно, за предвиђање утицаја туризма на развој неког простора (Bahaire & Elliott-White, 1999). Ове процедуре засноване су на интеграцији различитих скупова података који се посредством дефинисаних методолошких рјешења и техника систематизују, анализирају и моделују у функцији планирања туристичког развоја. Осим веће флексибилности, објективности и ефикасности у процесу инвентаризације, даљи развој ГИС-а доприноси већој доступности и прагматичности генерисаних података.

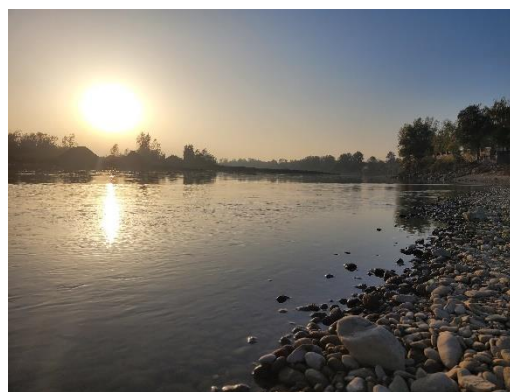
Приликом процјене туристичких потенцијала, ГИС се користи за моделовање носећег капацитета простора, за процјену спектра рекреативног потенцијала – РОС (ROS) (Clark & Stankey, 1979), за процјену визуелних и естетских потенцијала туристичког ресурса и моделовање потенцијала за развој туризма заснованог на процесу вредновања природних елемената (Chhetri & Arrowsmith, 2008). У овом раду географски информациони системи коришћени су за потребе вредновања издвојених геолокалитета у функцији одрживог туристичког развоја. Вредновањем је обухваћено осам геолокалитета на простору Семберије са подмајевичким крајем.

Прва фаза у вредновању природних потенцијала Семберије са подмајевичким крајем обухватала је прикупљање података. Прикупљање података о туристичким локалитетима извршено је на основу теренског истраживања, а подаци су допуњени информацијама доступним у референтној литератури. Добијене информације коришћене су у поступку инвентаризације природних и културних локалитета на простору истраживања. Коришћењем географских информационих система

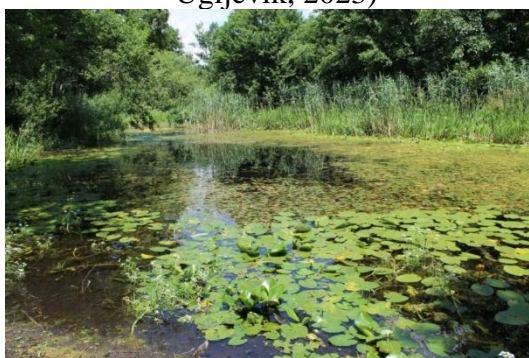
извршена је систематизација и интеграција просторних података о релевантним локалитетима и урађен картографски приказ просторних односа између локалитета и доступне инфраструктуре на датом простору. Другом фазом је обухваћен поступак вредновања у чијој основи је примјена специфичног методолошког оквира ради процјене главних (интринзичких) и додатних вриједности за сваки издвојени природни локалитет. Поступак вредновања природних елемената за потребе туризма извршен је примјеном модела ГАМ (Vujičić, et al., 2011).



Слика 46. Локалитет „Шупља стијена“ (Turistička organizacija Ugljevik, 2023)



Слика 47. Приобаље Дрине у насељу Попови у Бијељини (31. 10. 2022.)



Слика 48. Громижељ (Zvanična internet prezentacija Grad Bijeljina, 2020)



Слика 49. Локалитет „Швапска ада“ (Semberske novine/Semberija info, 2021)



Слика 50. Излетиште на Бусији
(Подгора, Лопаре, 11.10.2023.)



Слика 51. Поглед са гребена изнад
локалитета Новакова пећина у насељу
Горња Трнова у Угљевику (14. 8. 2021.)

Модел вредновања геолокалитета ГАМ (*Geosite Assessment Model*) представља модификацију раније креираних модела вредновања (Reynard, Fontana, Kozlik, & Scarozza, 2007; Pereira, Pereira, & Caetano Alves, 2007) у чијој основи је емпиријска процјена главних (*MV*) и додатних вриједности (*AV*) геолокалитета. Метод обухвата примјену технике анкетног упитника којом експерти и стручна лица врше евалуацију геолокалитета дефинисаних у претходној фази инвентаризације. Анкетни упитник садржи сет питања на основу којих се утврђују главне и адитивне вриједности сваког геолокалитета. Прва група питања на основу које се врши процјена главних вриједности садржи субсетове питања којима се утврђују: научна или едукативна вриједност (*VSE*), пејзажна или естетска вриједност (*VSA*), конзерваторско-еколошка вриједност (*VPr*). У оквиру научно едукативне групе (*VSE*) оцјењују се елементи ријеткости, репрезентативности, истраженост, интерпретативност. Пејзажно естетским вриједностима (*VSA*) обухваћени су видиковци или тачке са локацијама за разгледање, површина локалитета, околни пејзаж и уклопљеност у пејзаж. Еколошко-конзерваторском вриједношћу обухваћени су индикатори: тренутно стање локалитета, актуелни степен заштите, степен угрожености, носиви капацитет простора.

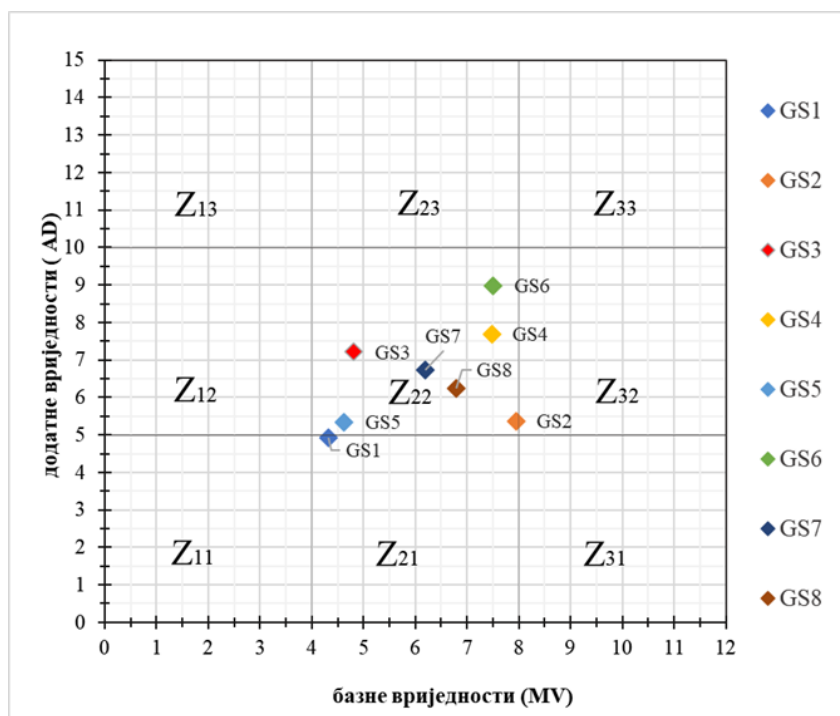
Друга група индикатора обухвата процјену додатних вриједности које су сврстане у двије подгрупе питања: функционалне (*VFn*) и туристичке вриједности (*VTr*). Функционалне вриједности обухватају индикаторе: доступност, додатне природне вриједности, додатне културне вриједности, близину емитивних центара, близину важних саобраћајница, постојање додатних функционалних вриједности.

Туристичке вриједности садржале су индикаторе: промовисаност, организоване туристичке посјете, близину визиторских центара, интерпретативне табле, број посјетилаца, туристичку инфраструктуру, услуге туристичких водича, близину објеката смјештаја и близину ресторана.

Главне вриједности, MV , оцијењене су помоћу 12 индикатора, а додатне вриједности, AV , са 15 индикатора. Сваки индикатор је оцјењиван петостепеном скалом чије су вриједности имале распон од нула до један. Коначан скор процијењеног туристичког потенцијала датог геолокалитета добија се према обрасцу:

$$\begin{aligned} O_s &= MV + AV, \text{ при чему је:} \\ MV &= VSE + VSA + VPr \text{ и } AV = VF_n + VTr \end{aligned} \quad (53)$$

Резултати добијени сумирањем вриједности према дефинисаном обрасцу (53) а приказују се помоћу дијаграма расијања. Дијаграм се заснива на Декартовом координатним систему, при чему је сваки геолокалитет дефинисан према $Z_{i,j}$ за $i,j = 1,2,3$. Главне вриједности приказују се на X -оси са 12 јединица, док су додатне вриједности приказане на Y -оси са 15 јединица. Скала на X оси подијељена је на три четворостепена поља, док је Y оса подијељена на три петостепена поља. Дијаграм приказује девет поља означених са $Z_{11}, Z_{12}, Z_{13}, Z_{21}, Z_{22}, Z_{23}, Z_{31}, Z_{32}$ и Z_{33} . Положај и коначна процјена туристичког потенцијала геолокалитета утврђује се на основу главних и додатних вриједности и позиције локалитета у неком од дефинисаних поља $Z_{i,j}$ (Слика 52).



Слика 52. Резултати вредновања геолокалитета Семберије са подмајевичким крајем примјеном модела ГАМ

13.1. Инвентаризација геолокалитета за потребе вредновања

У првој фази истраживања, обиласком терена и на основу прегледа доступне литературе, изабрано је осам потенцијалних локалитета који ће бити предмет вредновања у другој фази истраживања (ПРИЛОГ 26).

Табела 38. Вредновани геолокалитети на простору мезорегије Семберија

| Ознака | Назив локалитета | опис |
|--------|--|--|
| GS1 | Бара Грабовача – реликтни меандар Саве | Реликтни меандар ријеке Саве, из периода када је корито Саве било помјерено просјечно 5 km јужно у односу на своју данашњу позицију. Појава омогућава опис геоморфолошких процеса и еволутивних фаза у развоју рељефа Семберије. |
| GS2 | Громижељ | Мочварно подручје са типичном барско-мочварном вегетацијом, подручје заштићеног станишта Мргуде (<i>Umbra Crameri</i>), угрожених биљних врста ребратице (<i>Hotonia palustris</i>), жутог локвања (<i>Nuphar luteum</i>) и реликтне врсте мочварне жаре (<i>Urtica kioviensis</i>) (SEECO, 2020). Реликтно корито ријеке Дрине. |
| GS3 | Извор Змајевац | Уређено извориште питке воде на граници између насеља Ченгић (Бијељина) и Доња Трнова (Угљевик). |

Наставак Табеле 38.

| Ознака | Назив локалитета | опис |
|--------|--------------------------------|---|
| GS4 | Новакова пећина | Пећина у селу Горња Трнова. Састоји се из једне просторије изнад које је стјеновити одсјек са видиковцем. Пећина има историјски значај (монашка келија) а према легенди представља мјесто боравка Старине Новака. |
| GS5 | Палеонтолошки локалитет Вучјак | Дио копа литотамнијско-бризојског кречњака на локалитету Вучјак (Богутово Село) у Угљевику. У бијелим кречњацима пронађене љуштуре мекушаца, јежеви и остаци корала (Јовановић G. , 2018) као и фосилни остаци ситних сисара глодари, јежеви). |
| GS6 | Ревир Швапска ада | Смјештена на простору прве ријечне терасе Дрине. Представља напуштени коп шљунка у реликтном меандру Дрине, на удаљености 2,5 km западно од данашњег корита Дрине. У некадашњим коповима шљунка креирана су вјештачка језера са значајним рибљим фондом под управом Спортско-риболовног друштва „Риба“. |
| GS7 | Водопад Скакавац | Водопад у пограничном дијелу насеља Горња Трнова према насељу Бањица. Водопад је формиран у расједаној зони на еоценским седиментима, представљеним кварцним пјешчарима и достиже висину 10 m. |
| GS8 | Шупља стијена | Пећина на граници између насеља Турсуново брдо и Доња Крћина у Угљевику. Смјештена у контактної зони пјешчарско-глиновитих, лапоровитих седимената према пјесковито-лапоровитим кречњацима са отвором дужине 20 m и највишом тачком висине 3 m. |

Сваки локалитет (Табела 38) позиционира се према скору бодова остварених на основу индикатора главних и додатних вриједности. Према позицији дефинисаној дијаграмом изводе се закључци о свеукупној оцјени локалитета. Позиција у неком од поља $Z_{i,j}$ одређује научну/едукативну, естетску и еколошку вриједност локалитета као и степен његове опремљености и функционалности. На основу добијених резултата процјене потенцијала геолокалитета добијају се подаци о потенцијалном туристичком значају локалитета и могућности његовог унапређења. На овај начин добијају се додатне информације неопходне за усмјеравање одлука и политика у области управљања природним ресурсима, заштите природе и одрживог туристичког развоја. Истицањем значаја вреднованих

локалитета скреће се пажња на њихове иницијалне вриједности и иницира креирање адекватних инструмената праћења стања, коришћења и њиховог потенцијалног угрожавања.



Слика 53. Локалитети са пронађеним фосилима ситних сисара у Богutowом селу у Угљевику (Marković, et al., 2018, стр. 10)

13.2. Резултати вредновања геолокалитета Семберије са подмајевичким крајем

Вредновањем ГАМ моделом, израчунате су вриједности за сваку подгрупу индикатора и укупан скор бодова (*OS*) за свих осам геолокалитета (Табела 39). Најнижи укупни скор бодова додијељен је локалитету *GSI* Бара Грабовача. Укупан скор бодова износио је 9,3 при чему је најлошије оцијењена еколошка компонента локалитета. Локалитет је угрожен трансформацијом земљишног покривача и промјеном начина коришћења земљишта. Интензивна пољопривредна производња захтјева узурпацију нових површина за потребе ратарства, чиме се трајно угрожава овај локалитет. У сусједству Баре Грабоваче према подацима доступним на старим топографским картама (VGI, 1976-1977) постојао је низ барско-мочварних површина (Бара Луковача, Јуната бара, Широки Ресник, Сабљача, Седлина бара и друге) које су у протеклом периоду исушене а намјена земљишта промијењена примарно у пољопривредно земљиште. Научно-едукативне и естетске вриједности локалитета *GSI* оцијењене су са по 1,6 бодова. Према главним вриједностима локалитет је оцијењен са 4,3 бодова и најлошије је рангиран у односу на остале локалитете. Највећа оцјена дата је функционалним вриједностима, а износи 3 бода. Туристичке вриједности имају скор од 2 бода. Будући да је локалитет повезан квалитетним саобраћајницама са центром града и налази се на територији једног од

функционално значајнијих насеља Семберије, насеља Црњелово, додатне вриједности локалитета носе 4,9 бодова. Коначно, локалитет бара Грабовача је сврстан у поље Z_{21} што упућује на средњи степен главних и низак степен додатних вриједности. Недовољна информисаност о овом локалитету и висока угроженост антропогеним притисцима утицали су на његову маргинализацију.

Табела 39. Класификација геолокалитета према вредновању ГАМ методом

| локалитет | VSE | VS A | VPr | Σ MV | VF n | VTr | Σ AV | OS | поље е |
|-----------------------|-----|---------|-----|----------------|---------|-----|----------------|------|-----------------------|
| GS1 Грабовача | 1,6 | 1,6 | 1,2 | 4,3 | 3,0 | 2,0 | 4,9 | 9,3 | Z_{21} |
| GS2 Громижељ | 3,0 | 2,3 | 2,7 | 7,9 | 2,4 | 2,9 | 5,4 | 13,3 | $Z_{22}/$ Z_{32} |
| GS3 Извор Змајевац | 1,4 | 1,5 | 1,9 | 4,8 | 3,3 | 3,9 | 7,2 | 12,0 | Z_{22} |
| GS4 Новакова пећина | 2,1 | 2,8 | 2,6 | 7,5 | 2,9 | 4,8 | 7,7 | 15,2 | Z_{22} |
| GS5 ПЛ Вучјак | 2,3 | 1,8 | 0,5 | 4,6 | 3,0 | 2,3 | 5,3 | 10,0 | Z_{22} |
| GS6 Ревир Швапска ада | 2,0 | 2,8 | 2,7 | 7,5 | 3,7 | 5,2 | 9,0 | 16,5 | Z_{22} |
| GS7 Водопад Скакавац | 2,0 | 1,7 | 2,6 | 6,2 | 2,4 | 4,3 | 6,7 | 12,9 | Z_{22} |
| GS8 Шупља стијена | 2,3 | 2,1 | 2,4 | 6,8 | 2,5 | 3,8 | 6,2 | 13,0 | Z_{22} |

Највећи укупан скор има локалитет Швапска ада а износи 16,5 бодова. Иако има највиши укупан скор, овај локалитет сврстан је у поље Z_{22} што упућује на средњи степен главних и средњи степен додатних вриједности. Према својим главним вриједностима локалитет је рангиран на друго мјесто у односу на остале локалитете и носи укупно 7,5 бодова (као и локалитет $GS4$). Ревир Швапска ада високо је оцијењен са аспекта естетских и еколошких вриједности. Према додатним вриједностима налази се на првом мјесту и носи укупно 9 бодова, са високим оцјенама за обје подгрупе индикатора. Високу функционалну и туристичку вриједност локалитет је добио захваљујући погодном саобраћајно-географском положају, близини емитивних центара и значајним природним и културним локалитетима у непосредној близини, попут сакралних објеката, Етно села „Станишић“ и бање „Дворови“. Ревир је и заштићено риболовно подручје под управом Спортско-риболовног друштва „Риба“ из Бијелине, а има функционални значај као купалиште у току љетње сезоне.

Локалитет Громижељ (*GS2*) налази се на граници између поља Z_{22} и поља Z_{32} . Према свом положају локалитет има средње висок степен главних вриједности и средње низак степен додатних вриједности. Локалитет Громижељ је према научно-едукативним вриједностима најбоље оцијењен локалитет. Поред научно-едукативне, геолокалитет одликује и велика еколошка вриједност. Укупан скор главних вриједности износи 7,9. Додатне вриједности на овом локалитету оцијењене су укупном оцјеном 5,4. Поређењем скор бодова главних и додатних вриједности закључује се да научне, естетске и еколошке вриједности геолокалитета нису праћене одговарајућим степеном функционалних вриједности и потребном туристичком инфраструктуром и супраструктуром.

Геолокалитет Змајевац (*GS3*) рангиран је у поље Z_{22} са средњим степеном главних и додатних вриједности. У групи главних вриједности највећи степен значаја дат је еколошким вриједностима локалитета. Укупан скор главних вриједности износи 4,8 док су додатне вриједности оцијењене са 7,2 бодова. Највишу оцјену локалитет је добио за туристичко-инфраструктурну опремљеност. Укупан скор геолокалитета *GS3* износи 12 бодова.

Локалитет *GS4*, Новакова пећина, је рангиран у поље Z_{22} . Овај локалитет одликује се једнаким вриједностима главних и додатних елемената. Према позицији у пољу Z_{22} одликује се средњим степеном главних и средњим степеном додатних вриједности. Укупан скор бодова главних вриједности износи 7,5 док је скор додатних вриједности 7,7. Уравнотежен однос додатних и главних вриједности упућује да су туристичка инфраструктурна опремљеност и присуство додатних функционалних елемената пропорционални процијењеним главним вриједностима геолокалитета. У категорији главних вриједности, највише бодова добиле су пејзажно-естетске вриједности геолокалитета, 2,8. Док су у групи додатних, највећом оцјеном вредноване туристичке вриједности, 4,8 бодова. Локалитет је инфраструктурно опремљен инфо таблама и графичким елементима и налази се на маркираној планинарској рути „Планинарско-еколошког друштва Мајевица“. Спортске активности на отвореном попут планинарења, алпинизма, планинског трчања, допринијеле су већој препознатљивости локалитета, па га често посјећују туристи са оваквим интересовањима.

Палеонтолошки локалитет Вучјак (*GS5*) оцијењен је са укупно 10 бодова. У групи главних вриједности, највећи скор добиле су научно-едукативне вриједности геолокалитета, са 2,3 бода. У односу на категорију научно-едукативних вриједности овај локалитет заузима треће мјесто, иза локалитета „Громижељ“ и „Шупља стијена“. Ово је најлошије рангиран локалитет према еколошким вриједностима, са скором од 0,5 бодова. Ниска оцјена еколошке вриједности резултат је одсуства заштитних мјера и трајне угрожености геолокалитета изазваног ширењем експлоатационе површине рудника угља. У категорији додатних, истичу се функционалне вриједности локалитета и то непосредна близина важних антропогених вриједности и културно-историјских споменика, као и близина емитивних центара. Према ГАМ моделу локалитет је рангиран у поље Z_{22} са средњим степеном главних и средњим степеном додатних вриједности.

Водопад „Скакавац“ (*GS7*) оцијењен је са укупно 12,9 бодова. Према односу скора главних и додатних вриједности позициониран је у поље Z_{22} . Овај локалитет, попут Локалитета Новакова пећина одликује релативно уједначен однос главних и споредних вриједности. Главне вриједности оцијењене су са 6,2 бодова, а највећи значај дат је еколошким, а затим и научно-едукативним вриједностима локалитета. Водопад представља раритетну појаву на овом простору, а настао је процесом расједања у контактної зони геолошки различитих комплекса стијена. Одликује се мањим степеном угрожености и осјетљивости на притиске будући да је приступачност водопаду ограничена. У категорији додатних вриједности локалитет носи 6,7 бодова, а нарочито се истиче високим туристичким вриједностима. Током 2023. године под управом Туристичке Организације Бијељина извршено је уређење прилазне стазе, маркирање и постављање информативних табли.

Локалитет „Шупља стијена“ (*GS8*) категорисан је у поље Z_{22} , са средњим степеном главних и средњим степеном додатних вриједности. Главне вриједности локалитета оцијењене су са 6,8 бодова и уједначеним односом научно-едукативних вриједности од 2,4 бода и еколошких вриједности од 2,8 бодова. Додатне вриједности локалитета носе мање бодова у односу на главне вриједности, укупно 6,2 бодова. Разлог за лошије позиционирање локалитета је слаба доступност, искључиво пјешачењем, недостатак додатних функционалних вриједности,

непостојање маркација и интерпретативних табли што је додатно допринијело слабој посјећености. Према односу бодова за главне и додатне вриједности, закључује се да постоје могућности за унапређење и ефикаснију валоризацију овог локалитета, улагањем у додатне функционалне елементе и туристичку инфраструктуру. Значајна функционална вриједност локалитета је положај у близина других важних геолокалитета, попут Новакове пећине и водопада Скакавац, али и близина културних споменика попут манастира Тавна.

13.3. Дискусија резултата анализе вредновања геолокалитета

Резултати вредновања геолокалитета Семберије са подмајевичким крајем, показали су да се већина локалитета сврстава у поље Z_{22} , у групу локалитета са средњим степеном главних и средњим степеном додатних вриједности. Изузетак је локалитет *GS1*, бара Грабовача који је сврстан у поље Z_{21} , са средњим степеном главних и ниским степеном додатних вриједности. Ове вриједности упућују на могућност ефикаснијег коришћења овог локалитета кроз унапређење његових функционалних и додатних туристичких вриједности. Највиши степен значаја дат је локалитету „Громижељ“, који према скору главних и додатних вриједности има гранични положај између поља Z_{22} и Z_{32} . Локалитет Громижељ је према главним вриједностима најбоље оцијењен локалитет са оцјеном 7,9 док је према додатним вриједностима сврстан на шесто мјесто. Ови резултати упућују на значајне могућности унапређење додатних функционалних вриједности и туристичке инфраструктуре. Просторни размјештај функционалних елемената, размјештај геолокалитета и културно-историјских локалитета, приказани су у ПРИЛОГУ 27.

Према скору бодова главних вриједности, после локалитета „Громижељ“, са истим скором бодова, на другом мјесту налазе се локалитети *GS4*, „Новакова пећина“ и *GS6*, ревер „Швапска ада“. Са 7,5 бодова. Према додатним вриједностима „Швапска ада“ је сврстана на прво мјестом са 9 бодова, док је „Новакова пећина“ на другом мјесту са скором од 7,7 бодова. Треће мјесто према главним вриједностима заузима локалитет „Шупља стијена“, док се према додатним вриједностима налази на петом мјесту. Водопад „Скакавац“ заузима четврто мјесто према главним вриједностима, а исту позицију има према вриједностима додатних елемената. Према томе, водопад „Скакавац“ одликује

избалансиран однос главних вриједности и додатних, функционалних и туристичких вриједности. Извор „Змајевац“ заузима пету позицију према главним, док је према додатним вриједностима на трећем мјесту. Вриједности упућују на већу вриједност функционалних и туристичких елемента, у односу на главне вриједности локалитета, прије свега научно-едукативне и естетске вриједности.



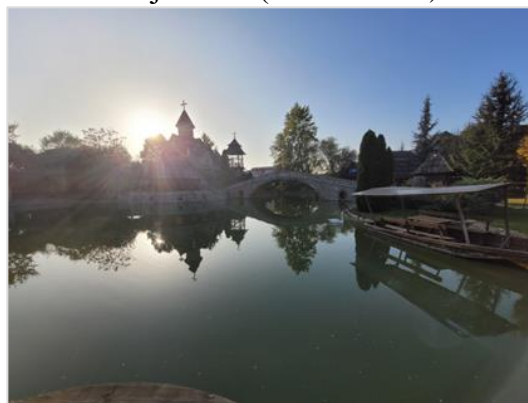
Слика 54. Манастир „Тавна“ у Бањици, у Бијељини (31. 10. 2023)



Слика 55. Музеј Семберије у Бијељини (31. 11. 2022)



Слика 56. Стара Евангелистичка црква у Новом Селу, у Бијељини (31. 10. 2022)



Слика 57. Етно село „Станишић“ у Дворовима, у Бијељини (31. 10. 2022)

Према укупном скору главних вриједности палеонтолошки локалитет „Вучјак“ заузима шесту позицију, док је према додатним вриједностима сврстан на седмо мјесто. Најлошије рангиран локалитет је бара „Грабовача“ која је по обе групе, како главним тако и додатним вриједностима, сврстана на седмо мјесто. Према наведеном, закључујемо да већина локалитета има релативно избалансиран однос између функционалних и туристичких вриједности према главним вриједностима локалитета. Према резултатима највећи изузетак је локалитет

Громижељ који посједује значајне едукативне, естетске и еколошке вриједности, које нису адекватно праћене функционалним и туристичким вриједностима. Резултати указују на могућност и потребу за даљим улагањем у туристичко и инфраструктурно опремање локалитета, уз поштовање одрживости и свих његових едукативно-научних, естетских и еколошких вриједности. Приликом вредновања локалитета за потребе геотуризма често се наглашава значај научних, односно едукативних вриједности локалитета. Узевши у обзир искључиво ове вриједности однос и рангирање геолокалитета би били унеколико другачији. Највећу научно-едукативну вриједност има локалитет „Громижељ“, док су на другом мјесту по овим вриједностима локалитети „Шупља стијена“ и палеонтолошки локалитет „Вучјак“. Локалитет „Вучјак“ је због ниске еколошке вриједности и трајне угрожености антропогеним притисцима оцијењен ниском укупном оцјеном главних вриједности.

На трећем мјесту према научно-едукативним вриједностима је локалитет „Новакова пећина“, а на четвртом два локалитета, „Швапска ада“ и водопад „Скакавац“. Предзадњу позицију заузима локалитет бара „Грабовача“. Разлог за овакво рангирање налазимо у недовољној истражености локалитета и релативно честој појави барских локалитета у непосредној близини. Иако званично на овом простору постоји још неколико барско-мочварних локалитета, њихов број се константно смањује под притиском интензивне пољопривредне производње и ширења урбане средине. Истицање едукативног и научног значаја овог локалитета могло би дјеловати превентивно са циљем заштите и јачања његових еколошких вриједности. Најлошије рангиран локалитет, према вриједности едукативно-научних елемената је извор „Змајевац“, што се оправдава чешћом заступљеношћу оваквих локалитета и мањим степеном репрезентативности локалитета. Обзиром да по додатним вриједностима заузима трећу позицију, потребно је размотрити и избалансирати однос и улагање у туристичко и функционално опремање према главним вриједностима локалитета.

Примјеном географских информационих система са моделом ГАМ, обезбијеђени су валидни индикатори за процјену туристичког потенцијала геолокалитета Семберије са подамјевичким крајем. Утврђивањем вриједности главних елемената и могућности унапређења додатних вриједности, обезбјеђују се

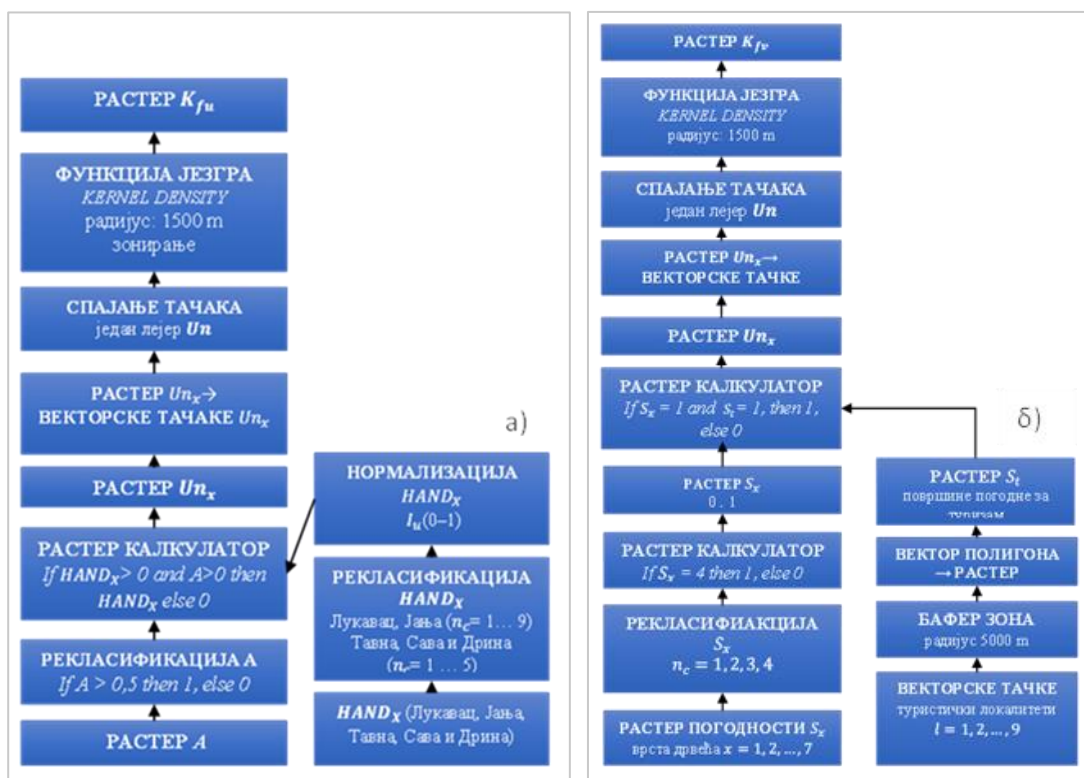
важне информације за управљање туристичким развојем и оптимално усмјеравање финансијских инвестиција у складу са развојним потенцијалом издвојених туристичким локалитета.

14. ИНТЕГРАЛНО ВРЕДНОВАЊЕ И ДЕТЕРМИНАЦИЈА РАНГОВА ПРИОРИТЕТА ЗА ПОТРЕБЕ ЗАШТИТЕ

Након појединачних анализа процјене угрожености природних потенцијала и вредновања површина и природних потенцијала Семберије, извршена је интеграција резултата и утврђене приоритетне површине заштите на простору Семберије са подмајевичким крајем. Издвојене просторне цјелине карактерише угроженост природних потенцијала по оба анализирана фактора угрожавања, угроженост кишном ерозијом и угроженост плављењем. Комбиновани фактор погодности указује на оне просторне цјелине које су погодне за обје функције, за лоцирање заштитних агрошумских система и површине са геолокалитетима значајним за потребе одрживог туризма. За потребе анализе издвојене су површине на којима се налазе геолокалитети са просторним радијусом до 5000 m. На основу комбинованих фактора угрожености и погодности, извршено је издвајање и рангирање приоритетних површина заштите.

14.1. Комбиновани фактор угрожености

За креирање комбинованог фактора угрожености, K_{fu} , коришћени су подаци добијени у претходним, појединачним анализама процјене угрожености природних потенцијала Семберије. У анализи су коришћени резултати добијени у анализи процјене интензитета кишне ерозије на простору Семберије и појединачне процјене угрожености од поплава добијених на основу ХАНД модела, за највеће сливове Семберије. Улазни подаци приликом креирања комбинованог индикатора угрожености дати су у растерском облику. Дијаграм тока креирања растера K_{fu} приказан је на Слици 58а.



Слика 58. Дијаграми тока креирања растера: а) K_{fu} и б) K_{fv}

У првој фази коришћен је растерски калкулатор за потребе рекласификације растера просјечне годишње ерозивности, A , на двије категорије бинарних вриједности. Све вриједности растера A веће од 0,5 (t/ha годишње) дефинисане су новом вриједношћу један, док је свим ћелијама са вриједношћу мањом или једнаком 0,5 додијељена вриједност нула. Дефинисани праг вриједности утврђен је према раније описаној класификацији у поглављу о процјени кишне ерозије Семберије, а према ком се ерозивност до 0,5 сматра слабом или незнатном, док веће вриједности упућују на већи степен угрожености од ерозије. У другој фази анализе извршена је интеграција појединачних ХАНД анализа за све сливове Семберије.

Растери ХАНД модела за сливове ријека Лукавац и Јања рекласификовани су на девет категорија угрожености. Класа девет означавала је највиши степен угрожености док је класа један означавала површине изван зона угрожености. ХАНД растерски модели слива Тавне и непосредних сливова Саве и Дрине, рекласификовани су на пет класа угрожености. Класа пет означавала је највиши степен угрожености, док је класа један означавала површине које нису угрожене поплавама. Обзиром на неједнак број класа по сливовима, ради постизања

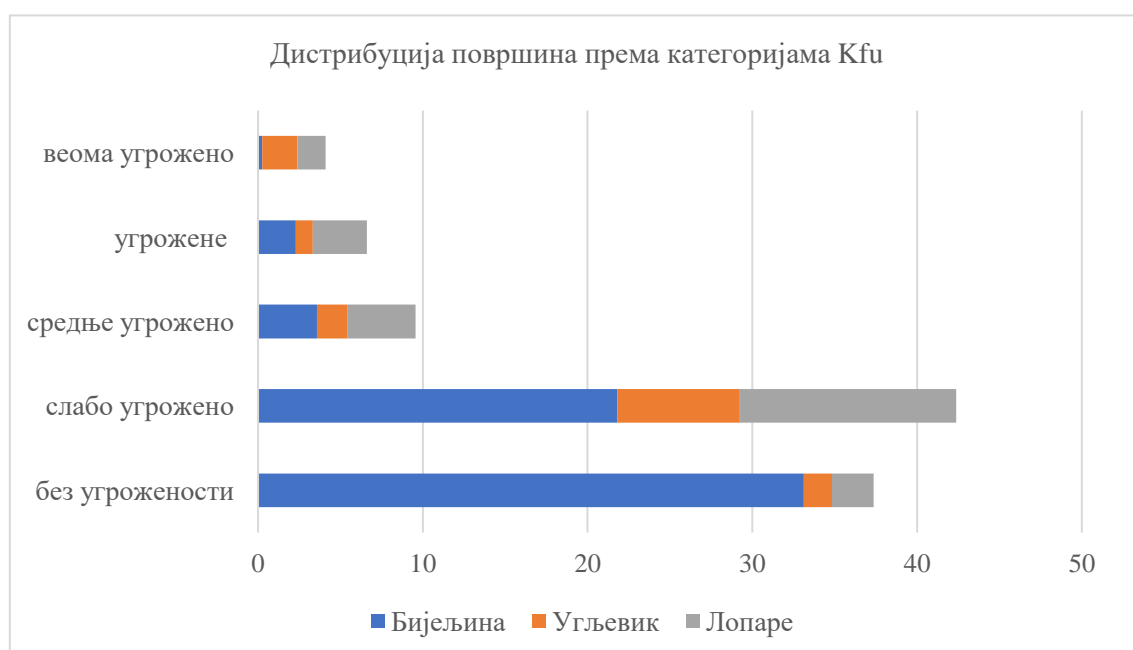
упоредивости по K_{fu} између сливова, извршена је нормализација вриједности растера $HAND_x$ и свођење на индексне вриједности, са опсегом од нула до један. У растеру $HAND_x$ са девет категорија, девета категорија угрожености ће након нормализације имати вриједност један (највећи степен угрожености у сливовима Јање и Лукавца). Категорија пет, код $HAND_x$ модела за слив Тавне и непосредне сливова Саве и Дрине, након нормализације имаће вриједност један (5/5). Површинама изван пројектованих зона угрожености, додијељена је вриједност нула.

У следећој фази обављена је интеграција рекласификованог растера ерозивности и рекласификованог растера угрожености од поплава за сваки слив појединачно, примјеном растерског калкулатора. Добијени су нови растери Un_x (за сваки слив појединачно). У циљу утврђивања зона веће или мање угрожености према комбинованом фактору за цијело подручје Семберије, извршена је конверзија растера Un_x сваког слива ($x = 1, \dots, 5$) у тачкасти, векторски формат. Добијени тачкасти вектори за различите сливова интегрисани су у један векторски тачкасти слој, Un , са 4165 тачака. Свака тачка задржала је вриједности категорије угрожености која је приписана датом хелији растера, у претходној фази анализе. Издавање зона највећег степена угрожености извршено је примјеном математичке функције густине расподјеле (Silverman, 1998). Обзиром на укупну површину анализираног простора, дефинисани радијус просторног осматрања износио је 1500 m. Коначно, K_{fu} је приказан у виду растера чије вриједности су у распону од 0 до 453. Ради постизања прегледности растер је рекласификован методом квантила на пет класа. Категорије угрожености површина на основу K_{fu} (кишна ерозија и поплаве) приказан је на карти у ПРИЛОГУ 28.

14.1.1. Површине према комбинованом фактору угрожености

Комбиновањем резултата добијених процјеном угрожености плувијалном ерозијом и процјене угрожености поплавама, извршена је комплексна процјена угрожености површина на простору Семберије. Према добијеним резултатима (Слика 59), примјеном методе квантила издвојено је пет категорија угрожености према K_{fu} : без угрожености, слабо угрожено, средње угрожено, угрожено, веома

угрожено. У категорији површина које нису угрожене дјеловањем оба фактора налази се 449,3 km² површине, или 37,4%. У овој категорији највише површина се налази на простору Бијељине, чак 89% површине. У категорији слабе угрожености налази се укупно 509,5 km² или 42,4% површине. Највећа распрострањеност површина у категорији слабе угрожености је на простору Бијељине, на чијој територији се налази више од 50% ових површина, док се на територији општине Лопаре налази 31% ових површина. У категорији средње угрожених налази се 114,9 km² површина или 10% површине цијелог простора истраживања. Највећи удио у овој категорији има општина Лопаре, са 49,4 km² или 43% површина. Град Бијељина има удио од 37% у категорији средње угрожених површина.



Слика 59. Површине према категоријама комбинованог фактора угрожености

Угрожене површине на простору Семберије заузимају укупно 79,3 km² или 7% површине истраживања. Највећи удио у категорији угрожених површина има општина Лопаре, са 39,4 km² или 50% површина у овој категорији. Узевши у обзир површину општине, на територији Лопара је више од 13% површина у категорији угрожених. На територији Бијељине, угрожене површине су заступљене на 27,5 km² што чини једну трећину површина у овој категорији. У односу на површину Града Бијељина, угрожене површине према K_{fu} заузимају 4% територије Града.

Веома угрожене површине, заступљене су на 49,3 km² или 4% укупне територије истраживања. Највећи удио у категорији веома угрожених површина има општина Угљевик са 52% површине, док се на територији општине Лопаре налази 41% веома угрожених површина. Оваква дистрибуција површина према категоријама угрожености резултат је интегралне процјене угрожености, при чему је један од кључних фактора угрожености процес ерозије који је заступљенији у хипсометријски вишем рељефу, на нагнутим и експонираним странама. Специфични геоморфолошки услови и физиономија рељефа у виду субпланинског и брежуљкастог рељефа са клисурастим сужењима и котлинастим проширењима, погодују поспјешивању динамичких процеса сливања и отицања, а који су најизраженији у општинама Лопаре и Угљевик. Нагнуте долињске стране у предгорском дијелу, планине Мајевице, утичу на процесе ерозије и интензивно отицање, доприносећи стварању бујичних токова у периоду обилних киша.

Најугроженије површине у општини Лопаре налазе се у горњем дијелу слива Лукавца (Гњице), на мјестима израженог усјецања токова у масив Мајевице. Друга зона веома велике угрожености обухвата средњи дио тока Гњице, гдје су процеси ерозије и спирања додатно поспјешени огољавањем површина и претварањем у пољопривредне површине. На овом простору ријечна долина усјечена је у кварталним наслагама, између побрђа Кокошињац, Дебело брдо и Волујак на лијевој страни и Драговог брда, Церове косе, Брезоваче и Живковог брда са десне обалске стране. Нагнуте падине ових побрђа утицале су на јачање интензитета ерозије и поспјешивање отицања. Посредством ових процеса стварају се предуслови за развој бујичних поплава, којима су нарочито угрожена насеља Лопаре село, Лопаре, Пирковци, Брусница, Миросавци и Челић. Поред тога, веома угрожене површине смјештене су у другим дијеловима слива Гњице, нарочито долинама Пушковачке и Криве ријеке и у околини Мачковачког потока. Категорији веома угрожених површина у Лопарама припадају површине уз Тобутски поток и долину ријеке Јање.

На територији Угљевика је, поред природних процеса и морфологије терена, велики допринос у развоју и динамици процеса деградације простора имао људски фактор. Уништавањем вегетационог покривача, скидањем земљишног слоја, огољавањем и разарањем матичних стијена на површинском копу рудника у

Угљевику, вишеструко су интензивирани процеси ерозије спирањем (до 40 пута већи интензитет ерозије). Нарочито значајни за процјену фактора K_{fu} су водени токови који се сливају са мајевичких обронака, постојање издани подземних вода и вјештачко језеро Мезграја, који доприносе угрожености простора процесима плављења. Угрожене површине у Угљевику заступљене су у на територији насеља Угљевик и у долини ријеке Тавне са притоком Доманом. У овом дијелу тока ријека Домана протиче кањонском долином између брда Суходолина и Пасијег брда и улива се ријеку Тавну. Узводно, на око два километра удаљености, проласком тока између Малог и Великог Гребена, Тавна напушта уску клисурасту долину. На овом простору мијења свој правац тока према истоку и протиче пространом, меандарском ријечном долином. На мјестима изразите промјене физиономије ријечних долина, ослобађа се највећа количина водене масе и суспендованог наноса еродираних са обронака Мајевике. Најугроженије површине у сливу Тавне, су на територији насеља Горња и Доња Крчина и Горња Трнова у Угљевику и насеља Бањица, на територији Града Бијељина.

Посматрањем дистрибуције површина у категорији средње угрожених, угрожених и веома угрожених, највећи удио има општина Лопаре у којој ове три категорије угрожености чине више од једне трећине њене површине, 37%. Друга према угрожености је општина Угљевик, у којој ове категорије заузимају 36% површине општине. У Бијељини су исте категорије угрожености заступљене на 74 km² или 10% територије града. Према наведеном, могуће је закључити да су најугроженије површине према фактору K_{fu} једнаким удјелом заступљене на територији обје општине, Лопарама и Угљевику. Најмању заступљеност веома угрожених површина на својој територији има Бијељина. Ипак, на основу претходних анализа, на простору Бијељине су јасно издвојене површине високе угрожености поплавама, које представљају најизразитији фактор угрожавања природних потенцијала Бијељине.

14.2. Комбиновани фактор погодности

Комбиновани фактор погодности површина K_{fv} израчунат је на основу резултата добијених у претходним анализама процјене геопросторне погодности за

потребе агрошумарства и процјене природних потенцијала за потребе геотуризма. Процедурални ток креирања растера K_{fv} приказан је на Слици 58б. За издвајање површина по K_{fv} коришћени су растерски подаци са категоријама погодности површина Семберије за свих седам дрвенастих врста, S_x . Примјеном растерског калкулатора, из сваког растера погодности екстраховане су ћелије у категорији највеће просторне погодности за дату врсту дрвећа. Сви растери су екстраховани у бинарном облику, при чему су ћелије са најпогоднијим површинама за дату врсту носиле вриједност један, док су остале површине имале вриједност нула.

Наредни корак анализе обухватао је припрему података о туристичким локалитетима. У анализу је уврштено свих осам геолокалитета, вреднованих примјеном модела ГАМ, у претходном поглављу. Поред издвојених локалитета у анализу је укључен још један локалитет, уређено извориште сумпорне воде на територији општине Лопаре. Локалитет је туристички опремљен додатним функционалним елементима и туристичким вриједностима у априлу 2023. године. Због потенцијалног значаја и истражних радова на још седам локација у општини Лопаре, ово уређено извориште узето је у обзир приликом креирања комбинованог фактора геопросторне погодности. Око издвојених локалитета креиране су зоне утицаја (*buffer*), просторног радијуса 5000 m у односу на геолокалитет. Зоне су креиране у векторском формату. Ради уједначавања и поређења података извршена је конверзија векторских података у растерски облик. Растер погодности за туризам, S_t , садржао је зоне утицаја издвојених геолокалитета. Све површине унутар зона утицаја геолокалитета носиле су вриједност један, док су остале површине изван ових зона означене вриједностима нула.

Преклапање рекласификованих растера и екстраховање ћелија са погодностима за садњу дате дрвенасте врсте и за туристичку активност извршено је примјеном функције описане у кораку о креирању комбинованог индикатора погодности, Un_x . Овом приликом екстраховани су комбиновани растери максималне погодности за дату врсту дрвета и максималне погодности за туризам. У следећој фази калкулације извршена је конверзија растера погодности Un_x у векторски формат тачке. Свакој групи тачака додијељене су нумеричке вриједности ради разликовања тачака погодности за сваку специфичну дрвенасту

врсту. Коначно извршено је повезивање свих тачака у јединствен векторски тачкасти слој, Un , при чему су све тачке задржале раније додијељене нумеричке вриједности. За калкулацију и издвајање површина K_{fv} , мултифункционалне погодности за агрошумарство и туризам, примијењена је функција густине (*kernel density*). Дефинисани радијус осматрања износио је 1500 m. Коначан резултат анализе је растер K_{fv} , приказан на карти б, у ПРИЛОГУ 28. Добијени растер K_{fv} је рекласификован на пет класа погодности, примјеном методе квантила. Издвојене су категорије: непогодних, слабо погодних, умјерено погодних, погодних и веома погодних површина, за обје функције.

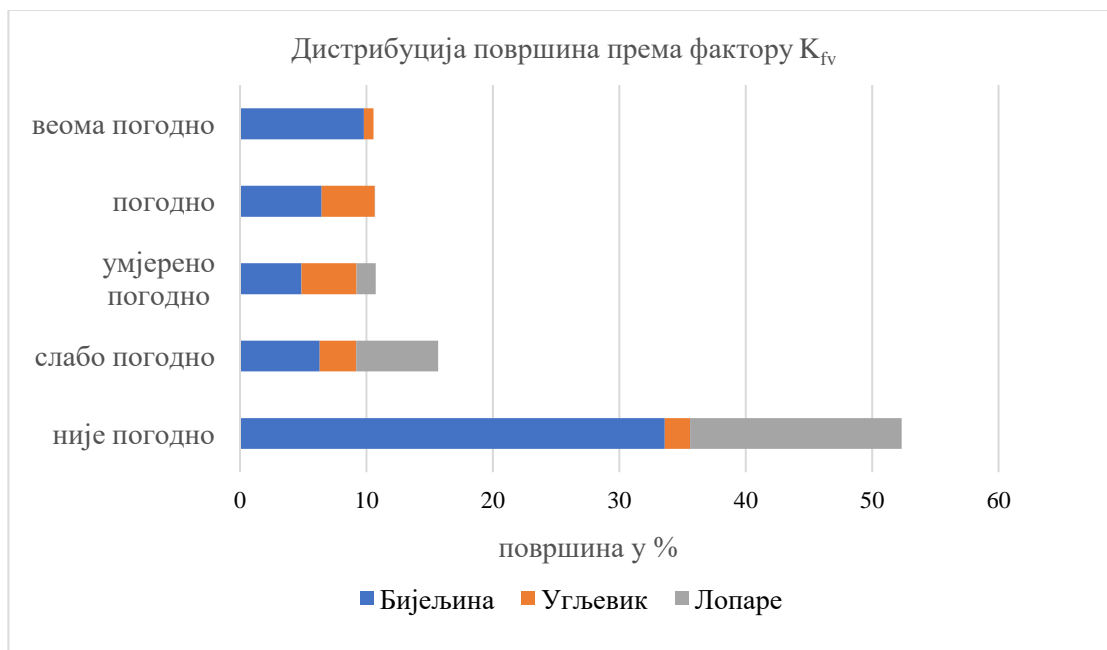
14.2.1. Површине према комбинованом фактору погодности

Анализа укупне погодности површина Семберије, на основу фактора K_{fv} , обухватила је резултате добијене у анализи вредновања локацијске погодности за потребе агрошумских система као и све раније дефинисане локације погодне за геотуризам. Поред претходно вреднованих геолокалитета, за процјену фактора K_{fv} додатно је уврштен локалитет на територији општине Лопаре, у насељу Лопаре Село.

На укупном простору истраживања највеће распрострањење имају површине које су неповољне за мултифункционалну намјену (Слика 60). Ове површине заузимају 629,2 km² или 52,3% површине истраживања. Слабо погодне површине заузимају 15,7% укупне површине, са једнаком распрострањеношћу на територији општине Лопаре и Града Бијељина, са 6,5% и 6,3% слабо погодних површина. Умјерено погодне површине заузимају 129 km² на простору истраживања или укупно 10,7% територије. Највећи удио у површинама ове категорије погодности има Град Бијељина са 59 km², а затим Угљевик са 52,2 km² површине. На територији општине Лопаре умјерено погодне површине заступљене су на 18,2 km².

Категорија погодних површина заступљена је подједнакој мјери као и категорија умјерено погодних површина, а заузима 128,6 km² или 10,7%. Површине погодне за мултифункционалну намјену најраспрострањеније су на територији Бијељине, на површини од 78 km². Погодне површине на територији Угљевика заступљене су на 51 km². Најмања заступљеност мултифункционалних површина у

категорији погодних је на територији општине Лопаре, са 0,2 km². Категорији највеће погодности за мултифункционалну намјену припада 127 km² или укупно 10,6% површине. Највећи удио веома погодних површина за мултифункционалну намјену има Град Бијељина са 9,8% или 118 km², док су на територији Угљевика ове површине заступљене на 9 km² или мање од 1%. У општини Лопаре ова категорија погодности није заступљена.



Слика 60. Површине према категоријама комбинованог фактора погодности, K_{fv}

14.3. Дискусија резултата добијених на основу комбинованог фактора погодности

Анализом дистрибуције површина према категоријама фактора K_{fv} , могуће је закључити да већи дио територије Семберије са подмајевичким крајем није погодан за обје функције, будући да непогодне површине заузимају 52,3% територије истраживања. У категорији умјерено погодних, погодних и веома погодних површина налази се трећина територије или 32%. Највећи удио површина у ове три категорије погодности има Град Бијељина са 21,2%, а затим Угљевик са 9,2%. Најмањи релативни удио у све три категорије погодности има општина Лопаре.

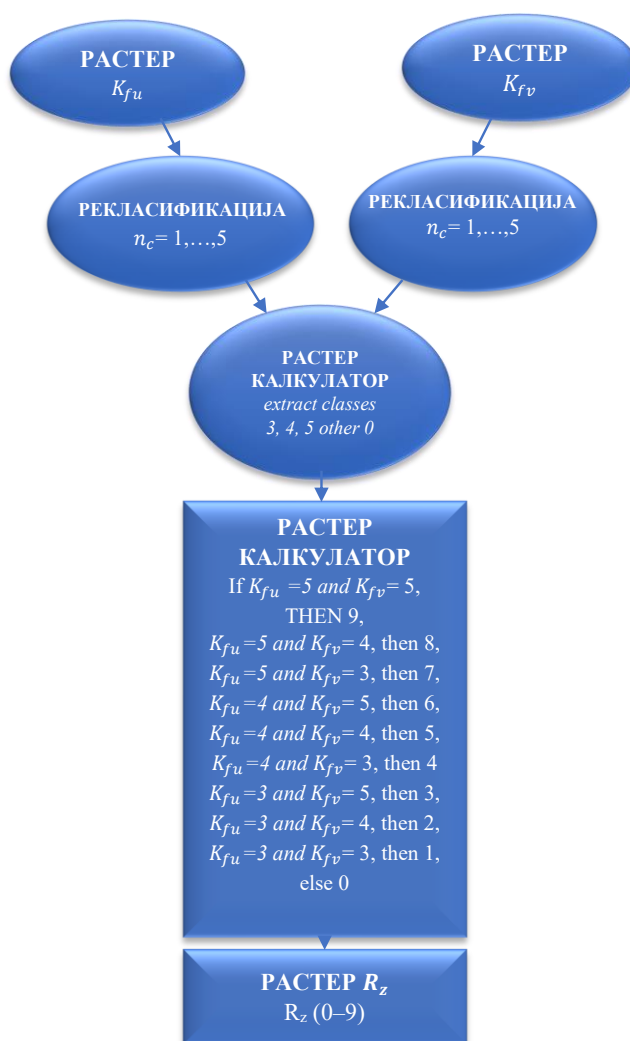
Разлог за овакву структуру размјештаја мулфункционално погодних површина налазимо у физичко-географским одликама простора општине Лопаре, која обухвата и површине на већим надморским висинама, у планинском рељефу

Мајевице. Планинске површине и нагнути терени дјелују рестриктивно на могућност садње одређених дрвенастих врста, па се у природи најчешће срећу чисте састојине неутрофилне или ацидофилне букве. Осим букве, на овом простору постоје услови за раст храста китњака. Због релативно неповољних услова станишта за остале вредноване врсте дрвећа, општина Лопаре има мању заступљеност површина погодних за агрошумарство. Поред тога, на простору ове општине само је један локалитет узет у обзир приликом вредновања локацијске погодности за геотуризам. Из наведених разлога је вриједност фактора K_{fv} најнижа на простору ове општине, као и заступљеност умјерено погодних, погодних и веома погодних површина. За разлику од општине Лопаре, Град Бијељина се одликује повољним условима станишта за раст већине анализираних дрвенастих врста. Узевши у обзир заступљеност пољопривредног земљишта на овом простору, задовољен је фактор комплементарне намјене површина и обезбијеђени најпогоднији услови за успоставу агрошумских система на основу вреднованих врста дрвећа. Највишој категорији погодности, према комбинованом фактору погодности, доприноси и присуство бројних барских екосистема, ријечни меандри и напуштена корита Саве и Дрине, од нарочитог значаја за геотуризам и реконструкцију еволутивних фаза у формирању рељефа Семберије.

Према заступљености површина у категоријама умјерено погодних, погодних и веома погодних површина, на другом мјесту је општина Угљевик, којој припада једна трећина ових површина. Разлоге за такву дистрибуцију високих категорија погодности налазимо у присуству бројних туристичких локалитета од значаја за геотуризам. На територији Угљевика налази се пет, од осам вреднованих геотуристичких локалитета, чиме је обезбијеђена велика покривеност општине површинама комплементарним и значајним за геотуризам. Поред тога, према структури и морфолошким одликама рељефа, већи дио територије Угљевика има погодне услове за креирање заштитних агрошумских система, нарочито за садњу багрема, храста китњака и букве. Погодни терени за остале дрвенасте врсте налазе се у долинама Јање, Тавне и Домане.

14.4. Синтеза индикатора и рангирање приоритетних површина

Идентификација и рангирање површина за потребе заштите заснива се на интеграцији резултата добијених појединачним анализама у претходним фазама. Издвајање површина са највећом потребом заштите обухватало је обједињавање резултата добијених анализом процјене угрожености површина ерозијом и поплавама као и резултата добијених вредновањем погодности површина за агрошумске системе и геотуризам. Поступак креирања растера R_z примјеном стабла одлучивања приказан је на Слици 61.



Слика 61. Дијаграм стабла одлучивања приликом креирања растера R_z

Растери комбинованих фактора K_{fu} и K_{fv} су рекласификовани на пет класа угрожености. За потребе коначне диференцијације приоритетних површина

заштите, из оба растера су екстраховане само класе три, четири и пет (умјерено угрожено/умјерено погодно, угрожено/погодно, веома угрожено/веома погодно). Композитни индикатор, R_z , дефинисан је на основу стабла одлучивања (Слика 61), интеграцијом растера K_{fu} и K_{fv} . Индикатор R_z креиран је у растерском облику, са вриједностима у опсегу од нула (без приоритетности) до девет (највећи приоритет заштите). Већа вриједност индикатора R_z упућује на већу потребу заштите површина. Категорија приоритетности девет упућује на највиши степен угрожености процесима ерозије и поплавама и на велику погодност површина за мултифункционалну намјену. У обрнутом случају, најниже вриједности индикатора говоре о нижем степену угрожености ерозијом и поплавама и нижем степену погодности за агрошумарство и одрживи туризам.

14.5. Резултати демаркације приоритетних површина заштите према индикатору R_z

Према вриједностима R_z , површине на простору Семберије подијељене су у десет категорија, према приоритетности за заштиту (ПРИЛОГ 29). Најнижа вриједност индикатора је нула и указује на површине које нису угрожене по оба анализирана фактора и немају мултифункционални значај, будући да нису погодне за обје вредноване функције. Иако на основу композитног индикатора ове површине нису означене приоритетним површинама за заштиту, оне могу бити угрожене само једним од раније издвојених фактора угрожености или могу бити погодне за само једну функцију, што је описано у анализама датим у претходним поглављима. Укупна површина у категорији означеној нултим вриједностима композитног индикатора R_z износи 1102,7 km².

Већа вриједност R_z означава већу угроженост и функционални значај издвојене површине. На основу R_z на простору Семберије са подмајевичким крајем издвојено је 11 локалитета укупне површине 98,6 km², који припадају површинама са потребом успостављања одређеног степена заштите. Површине са највећим приоритетом заштите, означене **категоријом девет**, налазе се на простору рударског купа у насељу Богутово Село. Ове површине простиру са на 2 km² или 200 ha, а карактерише их вишеструка угроженост ерозивним процесима и

потенцијалним опасностима од плављења. Истовремено, на овом локалитету се налазе вриједне геолошке формације са фосилним остацима од значаја за геотуризам а које су трајно угрожене активностима у рударском копу. Локалитет је погодан за рекултивацију и креирање заштитних агрошумских система.

У **категорији осам** према приоритетности заштите налазе се рубни дијелови рударског копа са површинама које припадају насељима Сарије, Мезграја и Стари Угљевик на територији општине Угљевик и дијелу насеља Тобут у општини Лопаре. У овој категорији су површине у сливу ријеке Јање, у насељима Сухо Поље и Модран. У овој категорији налазе се и мање површине на територији насеља Батковић и Остојићево, на мјесту промјене правца ријечног тока Дашнице према истоку и ушћу у ријеку Саву. Укупна површина у категорији осам износи 12 km² или 1195 ha.

У **категорији седам** налазе се површине у периферном дијелу рударског копа у Угљевику, које поред раније поменутих, обухватају и источне дијелове насеља Угљевик, на почетку меандарског тока ријеке Јање. У овој категорији налазе се и мање површине у периферном дијелу према површинама категорије осам, издвојене на територији насеља Батковић, у Бијељини, у непосредној близини корита Дашнице. Овде припадају и површине у граничном дијелу између насеља Бањица (Бијељина) и насеља Доња Крћина и Горња Трнова (Угљевик). Локалитет карактеришу изражени ерозивни процеси, а присутна је опасност од стварања бујичних наноса и поплава ријеке Тавне. У овом дијелу тока, Тавна прима воде ријеке Домане, а изнад ријечне долине издижу се гребенске стране са стрмим одсјецима. На лијевој страни тока, у стјеновитом одсјеку, налази се пећина Старине Новака, док се у продужетку гребена и расједног блока Угљевик, налази водопад Скакавац. У непосредној близини овог локалитета смјештени су Манастир Тавна и геолокалитет Шупља стијена.

У категорији седам налазе се и велике површине на простору насеља Лопаре село у општини Лопаре. Карактеристичне су по израженијим ерозивним процесима насталим као последица денивелације терена у правцу сјевероистока. На овом простору ријека Гњица (Лукавац) прима воде Веселиновачког потока а потом скреће мијењајући привремено правац тока према истоку и усјецајући десне обале у стрмо приобаље. На мјесту привремене промјене правца према истоку, улази у

лопарску котлину. Овакве структурне одлике и физиономија рељефа, доприносе високом ризику од стварања бујичних наноса. Бујични наноси представљају нарочиту опасност за насеље Лопаре, смјештено у низводном дијелу тока. Укупна површина у категорији седам износи 13,8 km².

Категорија шест, распрострањена је на површини од 3,2 km². Ове површине заступљене су у централном дијелу насеља Батковић у Бијељини, а обухватају шумске површине смјештене између Канала Дашнице, баре Томашевице и баре Бистрик. Овој категорији припадају и мање површине у сјеверном дијелу насеља Батковић, локалитет Криви раст. Ово је подручје некадашњих барских екосистема, а обухвата исушене дијелове баре Бистрик и Седлине баре. На површинама категорије шест, усјечен је ток Дашнице, а у периоду интензивних киша оне су изложене поплавним водама Саве. Нарочито су значајне за потребе успостављања заштитних агрошумских система а налазе се у непосредној близини барског екосистема Грабовача. У овој категорији се налазе површине у насељу Доњи Бродац. Обухватају дијелове Медићеве баре и некадашње, Своре баре.

Многи барски екосистеми на простору Семберије су дјелимично или потпуно исушени за потребе пољопривреде што је утицало на ремећење структурних односа у земљишном покривачу и поремећаје хидролошких циклуса. Отуд су ове површине угрожене како ерозивним процесима, тако и у непосредној опасности од поплава изазваних великим водама Саве. Додатну опасност представља подизање нивоа подземних вода. Захваљујући специфичности своје локације, имају велики значај за потребе лоцирања заштитних агрошумских система, нарочито примјеном топола, јова и лужњака. Промјеном организације коришћења земљишних површина према принципу агрошумских система, вратила би се стабилност екосистемима и обезбиједила заштита земљишта. У непосредној близини локалитета, на удаљености мањој од два километра, налази се вриједан локалитет геотуризма и заштићено станиште Громижељ. На територији насеља Међаши, ове површине заступљене су у широј зони локалитета Швапска ада. Швапска ада је у прошлости била површина са експлоатацијом шљунка, чиме су додатно поспјешени ерозивни процеси. Поред тога, овај локалитет се налази у зони изложености великим водама Дрине. Локалитет Швапска ада има велики мултифункционални значај, за потребе заштитних агрошумских система, а у

новијем периоду је еколошки саниран, претворен у вјештачка језера и уређен за туристичке потребе. У категорији шест се налазе и мање површине на територији насеља Сухо поље у непосредној близини ријечног корита Јање.

Категорија пет обухвата површине са високим степеном угрожености и погодним за мултифункционалну намјену. Распрострањене су у спољној зони рударског копа у насељима Стари Угљевик и Угљевик. У мањој мјери су заступљене и на територији угљевичког насеља Забрђе. Највише су распрострањене у долини ријеке Јање, у насељима Сухо поље и Модран. Представљају спољну заштитну зону која окружује површине вишег степена приоритетности, смјештене уз приобаље. Налазе се у непосредној близини изворишта Змајевац. У овој категорији су и мање површине на локалитету Швапска ада. Овај локалитет се одликује високим степеном погодности за агрошумске системе, па би санација заштитних шумских појасева на овом простору могла допринијети стабилизацији тла, регулацији и смањењу интензитета поплавног таласа, уз истовремени допринос естетским вриједностима од значаја за туризам. Укупна површина у категорији пет износи 13,2 km².

Категорија четири обухвата зоне умјерене угрожености и велике погодности за агрошумарство и туризам а заступљена је на 14,4 km² површине. Ове површине заступљене су на локалитету Швапска ада, а најраспрострањеније су у долини ријеке Тавне, гдје обухватају површину која се простире између Малог и Великог Гребена, на територији угљевичких насеља Горња и Доња Крчина и Горња Трнова, а наставља се према насељу Бањица, на територији Бијељине. Поред тога значајну заступљеност имају на територији општине Лопаре, гдје обухватају јужне дијелове лопарске котлине, у насељу Лопаре, са највећим распрострањењем у насељима Лопаре Село и Лабуцка. Обухватају површине сјевероисточног, мајевичког подножја и површине између Слатинског потока, у сливу Гњице (Лукавца) и Лабуђанске ријеке, у сливу Јање.

Површине у **категорији** приоритетности **три** заступљене су на 7,2 km². Распрострањене су на територији насеља Доњи Бродац и Велино Село у Бијељини гдје се надовезују на површине заштићеног станишта Громижељ. Налазе се у зони угрожености од поплава, а од изузетног значај су за успостављање заштитних агрошумских система, у непосредној близини туристичког и еколошког локалитета

Громижељ. Простиру се у периферном дијелу локалитета Швапска ада на територији насеља Међаши и Дворови, у Бијељини. Обухватају само мање површине раније издвојених локалитета вишег приоритета заштите, на територији бијељинског насеља Сухо поље.

Површине у категоријима један и два обухватају спољне зоне раније идентификованих локалитета у бијељинским насељима Батковић, Остојићево, Доњи Бродац, Велино село, Међаши, Дворови, Сухо поље и Модран. Поред тога, обухватају периферне дијелове раније помињаних локалитета на територији општине Угљевик и то у насељима Забрђе, Угљевичка Обријеж, Стари Угљевик, Горња Трнова и Горња Крчина. У Лопарама су заступљене на територији насеља Лопаре Село, Лопаре, Козјак, Лабуцка и Липовице. Категорија два обухвата укупну површину од 14,9 km², док је категоријом један обухваћена површина од 18 km².

14.5.1. Заступљеност приоритетних површина заштите по административним јединицама

На основу дистрибуције површина према индикатору R_z по административним јединицама (Табела 40), уочава се да највеће површине у категорији приоритетних припадају територији општине Угљевик.

Табела 40. Површине према приоритетности заштите по административним јединицама

| административна јединица | категорија приоритетности заштите R_z | | | | | | | | | Σ | P % |
|--------------------------|---|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|----------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | |
| Бијељина | 4,9 | 9,1 | 7,2 | 3,3 | 10,9 | 3,2 | 1,1 | 1,2 | 0,0 | 40,8 | 5,6 |
| Угљевик | 8,2 | 5,8 | 0,0 | 7,6 | 2,3 | 0,0 | 8,2 | 10,5 | 1,2 | 43,7 | 26,2 |
| Лопаре | 4,9 | 0,0 | 0,0 | 3,6 | 0,0 | 0,0 | 4,5 | 0,2 | 0,0 | 13,2 | 4,4 |

На простору Угљевика издвојено је 43,7 km² или 26,2% површина, од чега се у категоријама највишег степена угрожености (7, 8 и 9) налази 19,9 km² или 46% издвојених површина. Највеће распрострањење имају површине у категорији осам које заузимају 10,5 km². Разлог за овакву заступљеност угрожених површина налазимо због деградираних површина у руднику угља, који представља најзначајнији фактор поремећаја геосистемских циклуса и стабилности животне средине. Највиши степен приоритетности заштите је категорија девет, а заступљена

је само на територији Угљевика, гдје ове површине заузимају 1,2 km². Најугроженије површине, са највећом потребом заштите, налазе се у зони активног рударског копа. На овом простору интензитет ерозивних процеса премашује 8 t/ha годишње (чак и до десет пута), а постоје и велике опасности од поплава на околним, мањим токовима и вјештачким језерима у близини рудника.

Економски значај потиснуо је значај регулационих, естетских и других функција природе. Ширење рударског копа додатно угрожава околне површине нарочито у његовој непосредној близини, што се уочава на основу заступљености осталих категорија приоритетности заштите, а које се у концентричним зонама пружају око рудника. Угроженост природних потенцијала Угљевика, изазвана процесима ерозије и плављења, у опасности је од додатног интензивирања усљед неадекватног управљања природом. Вредновање природних потенцијала и процјена угрожености, почива на идентификацији приоритетних површина које изискују хитну санацију или препознавање оних површина на којима је потребно предузети превентивне мјере у циљу њихове благовремене заштите. Велика угроженост ерозивним процесима и поплавама, погодност површина за потребе агрошумарства и велика туристичка вриједност природних елемената, допринијели су највећој распрострањености површина високе приоритетности за заштиту, на територији општине Угљевик.

На територији Града Бијељина, приоритетне површине заштите заузимају укупно 40,8 km² или 5,6% територије Града. Према категоријама приоритетности највеће распрострањење имају површине у петој категорији угрожености, са 10,9 km² или 27% издвојених површина на простору Бијељине. Међу посматраним административним јединицама, Бијељина има најмање површина у категорији високе приоритетности заштите са свега 2,3 km² оваквих површина. Будући да су на простору Семберије израженији процеси акумулације, у односу на ерозију, површине Семберије су највише угрожене поплавама.

Плављење површина настаје усљед пораста нивоа подземних вода, током кишне сезоне и усљед појаве великих вода на семберским ријекама. Поремећаји природних циклуса животне средине испољавају се кроз примјену система мелиорације и исушивања мочварних екосистема, пренамјене земљишта и девастације шумског покривача. Девастирани шумски екосистеми имали су

значајну заштитну функцију, са положајем између парцела пољопривредног земљишта и у зонама ријечног приобаља. Према томе, композитни индикатор R_z указује на синергетско дјеловање анализираних фактора угрожености и локацијских погодности површина за мултифункционално коришћење. Обзиром да највеће распрострањење на простору Бијељине имају површине пете категорије приоритетности, претпоставља се да би примјена адекватних мјера санације и ревитализације површина примјеном агрошумских система или еколошки прихватљивог туризма, могла допринијети поновном успостављању регулацијских функција и равнотежних геоколошких односа на простору Семберије.

Приоритетне површине за заштиту на територији Лопара заузимају $13,2 \text{ km}^2$ или $4,4\%$ територије општине. Према структури заступљених категорија, велику распрострањеност имају површине у категорији један, на $4,9 \text{ km}^2$, затим категорија седам, са површином од $4,5 \text{ km}^2$. Општина Лопаре одликује се високим степеном угрожености према K_{fu} . Више од једне трећине површина на територији општине одликује виши степен угрожености, при чему највећи удио имају површине средње и велике угрожености, које чине 80% угрожених површина у Лопарама. Насупрот степену угрожености, погодне површине према фактору K_{fv} су мање заступљене на територији Лопара. Највећу заступљеност имају површине у категорији умјерене погодности које се простиру на $18,4 \text{ km}^2$ или 6% територије општине. Висок степен угрожености и низак степен погодности површина утицао је на специфичну дистрибуцију приоритетних површина за заштиту на територији општине. У категорији високе приоритетности за заштиту (7, 8 и 9) налази се $4,7 \text{ km}^2$ површине, у категорији умјерене приоритетности заштите (4, 5 и 6) је $3,6 \text{ km}^2$ и $4,9 \text{ km}^2$, у нижим категоријама приоритетности (1, 2 и 3).

14.6. Дискусија резултата анализе одређивања приоритетних површина заштите

Резултати детерминације приоритетних површина за заштиту показали су да према размјештају општину Лопаре одликује најмања заступљеност приоритетних површина за заштиту. Ипак, истраживањем и вредновањем додатних туристичких локалитета, на територији ове општине, комбиновани фактор погодности у

општини Лопаре имао би веће вриједности. Вредновање додатних туристичких локалитета у Лопарама, допринијело би већим вриједностима фактора K_{fv} , као показатеља мултифункционалности, а приоритетне површине за заштиту обухватале би већу површину општине. Природни потенцијали општине Лопаре су угрожени под утицајем природних процеса, ерозије и поплава, а додатни фактор угрожавања представља неадекватно коришћење земљишта чиме се природни процеси деградације додатно интензивирају. Издвојене површине према приоритетности за заштиту представљају еколошки веома важне површине, при чему је могуће издвојити површине које захтијевају санацију и површине на којим је потребно предузети превентивне мјере заштите. Површине са највећом приоритетношћу заштите у категоријама 7, 8 и 9 су доминантно оне површине на којима је неопходно хитно провођење мјера санације у циљу заштите земљишта, природних и измијењених површина, од даље девастације и уништавања. Обзиром да су ове површине погодне за раст специфичних дрвенастих врста и налазе се у зони утицаја туристичких локалитета, могућности њихове рекултивације и функционалне трансформације могу бити додатни мотив за њихову заштиту.

Претпоставља се да би имплементација комбинованих система заштитних агрошумских култура у ријечном приобаљу, допринијела значајном слабљењу деструкције и потенцијалног одношења земљишног слоја приликом повлачења водног таласа. Увођење вишеструко функционалних агрошумских система у зонама високе угрожености, осим што остварује позитиван естетски учинак, успјешно се интегрише у природни пејзаж. На овај начин постиже се функционално комплементаран ефекат заштите површина, рестаурација шумско-жбуновитих екосистема и креирање додатних туристичких вриједности за геолокалитете смјештене у непосредној близини.

Изузетак чини рударски коп Угљевик, гдје је примјена мјера санације и конзервације ради заштите природних елемената могућа тек након истека експлоатационог периода рада рудника. Поред тога, на територији општина Лопаре и Угљевик, велику опасност представљају мински сумњива подручја. Ове површине налазе се на простору Мајевице, дуж граничне линије између два ентитета, Републике Српске и Федерације Босне и Херцеговине. Појава екстремних падавина и еродирање тла у области планинског рељефа Мајевице огољава

миниране површине, утиче на промјену положаја и потенцијално дислоцирање мина. Велика опасност од покретања мина постоји на минираним површинама у ријечним долинама. Приликом повлачења поплавног таласа са површина у ријечном приобаљу, водена маса односи слој земљишта са минама. На овај начин неексплодираних мина бивају ношене на велике удаљености, представљајући опасност по становништво низводно од њихове првобитне локације. Минска поља утичу на могућност коришћења природних ресурса и имају негативан утицај на друштвено-економски развој оних територијалних јединица на чијим површинама се налазе. Поред осталог, деградирају земљиште, онемогућавају његову производну функцију, ограничавају приступ извориштима и коришћење шумских ресурса, представљају опасност по човјека и животињски свијет.

Мински сумњиве површине на простору истраживања, налазе се у изворишном дијелу слива Лукавца (Гњице) и у насељима Брусница, Челић и Миросавци на територији општине Лопаре и насеља Челић у ФБиХ (ВНМАС, 2023). Према комбинованом фактору угрожености, на овом простору су издвојене површине највише категорије угрожености ерозијом и поплавама. Укупна, мински сумњива површина земљишта у Лопарама износи 192,5 ха. Минска поља обухватају 152 ха шуме и 32 ха пољопривредних површина. Друга зона мински сумњивих површина налази се на територији општине Угљевик, у долини Тавне. Минска поља налазе се на површинама око Гребенског потока и у долини Тавне, између Малог и Великог Гребена. Миниране површине обухватају земљиште у изворишном дијелу тока Мезграјице. Минска поља у Угљевику заузимају укупно 30 ха површине, од чега је 21 ха пољопривредно, а 9 ха шумско земљиште. Ове површине смјештене су у најугроженијим дијеловима ријечних сливова, Јање и Лукавца. Издвојене миниране површине, најзаступљеније на површинама угроженим природним факторима, ерозијом и поплавама. Висока изложеност утицајима природних фактора угрожавања, вишеструко повећава ризик од неконтролисаних релокације минско-експлозивних средстава и потенцијално угрожавање падина у правцу сливања, угрожавања површина и живог свијета у низводном дијелу ријечног слива.

15. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

На самом крају дисертације о примјени географских информационих система у управљању и заштити природних потенцијала Семберије, дата су закључна разматрања о примијењеним моделима у ГИС-у у функцији идентификације, квантификације и вредновања природних потенцијала. У закључку је указано на издвојене технике и процедуре у ГИС-у, од значаја за демаркацију приоритетних површина за заштиту. Дате су опште препоруке о могућностима имплементације ових истраживања у функцији формирања базе геопросторних података о природним потенцијалима Семберије и могућностима њихове примјене приликом креирања стратешких планова просторног развоја и креирања политика одрживог управљања на простору Семберије.

Основни циљ овог истраживања била је апликација интегралних аналитичких модела у ГИС-у, у функцији креирања геопросторне информационе основе неопходне за ефикасно управљање и заштиту природних потенцијала Семберије. Аналитички модели коришћени у раду обухватили су картографско, геоеколошко и геостатистичко моделовање. У претходним поглављима примијењено је пет комплексних интегралних модела у ГИС-у, са циљем процјене угрожености, процјене геоеколошке погодности и демаркације површина приоритетних за заштиту природних потенцијала Семберије.

Прва фаза истраживања обухватала је примјену географских информационих система за прикупљање и припрему података. Ова фаза је обухватала дигитализацију 37 топографских карата различите размјере (1:25000, 1:500000), уношење и приказ података добијених помоћу ГПС уређаја на терену, визуелизацију и моделовање података о физичко-географским одликама и природним потенцијалима Семберије. У првој фази обављено је прикупљање података из различитих извора и различитих формата, геореференцирање и интегрисање у јединствену геопросторну базу података. Раније припремљена база геопросторних података коришћена је у наредној фази анализе и процјене угрожености природних потенцијала Семберије под утицајем фактора ерозије и поплава.

Процјена угрожености земљишта од плувијалне ерозије на простору Семберије, заснивала се на примјени модела РУСЛЕ за процјену интензитета ерозивности. РУСЛЕ модел обухвата примјену сета критеријума који су инкорпорирани у ГИС окружење у виду картографских слојева. Интеграцијом критеријумских вриједности, према обрасцу дефинисаном РУСЛЕ моделом, креиран је картографски модел просјечних годишњих губитака земљишта у Семберији под утицајем плувијалне ерозије.

Фаза моделовања угрожености Семберије од поплава, обухватала је комплексну интеграцију хидролошког, геоеколошког, геостатистичког моделовања и процјену ризика у животној средини. У овој фази географски информациони системи су се користили за анализу и утврђивање морфометријских услова у сливу за настанак бујичног поплавног таласа, а касније и за процјену интензитета и учесталости појаве великих вода. Модел Гавриловића коришћен је за прорачун максималних вода на бујичним сливовима Семберије. Анализом доступних историјских података о високим водостајима и протицајима на већим сливовима Семберије, израчуната је висина водостаја при појави максималних вода, различите учесталости појаве. Пројектовање висине водостаја према израчунатим вриједностима протицаја извршено је интеграцијом хидролошког моделовања у ГИС-у и модела ХАНД. На овај начин идентификоване су земљишне површине изложене поплавама на простору Семберије и посебно издвојене угрожене урбане површине у насељима Семберије.

Друга група обухватала је вредновање природних потенцијала Семберије за потребе агрошумарства и вредновање за потребе геотуризма. Геоеколошко вредновање површина Семберије за потребе заштитних агрошумских система обухватало је идентификацију и квантификацију критеријума за утврђивање погодности услова станишта за седам дрвенастих врста. Селекција врста извршена је на основу њихове заштитне улоге која обухвата различите функције: смањење водне ерозије, стабилизацију обала, заштиту ријечног приобаља и пољопривредних површина од поплавног таласа, фитосанацију и/или нитрификацију тла. Анализа процјене погодности површина Семберије за агрошумске системе извршена је имплементацијом Фази АХП методе вишекритеријумског одлучивања и

моделовања у ГИС-у. Резултати ове анализе приказани су у виду карата геоеколошке погодности за свих седам врста дрвећа.

Четврта интегрална анализа обухватала је вредновање природних потенцијала Семберије за потребе геотуризма. Вредновање природних потенцијала за геотуризам урађено је примијењеном методе за процјену геолокалитета ГАМ. Географски информациони системи коришћени су за идентификацију и анализу општих одлика локалитета, за идентификацију функционалних и додатних туристичких вриједности и картографско представљање. Нацрти карата геотуристичких локалитета са комплементарним природним и културним елементима, коришћени су приликом анкетирања испитаника у функцији информационе подршке за објективнију процјену естетских, функционалних и додатних туристичких вриједности геолокалитета.

На самом крају, примијењен је модел комплексног повезивања резултата добијених у претходним анализама у функцији идентификације, издвајања и категорисања приоритетних површина за заштиту, на простору Семберије. ГИС је коришћен за интегрисање резултата добијених у претходним анализама, док је коначна синтеза извршена примјеном стабла одлучивања или сета правила у одлучивању. Примјена стабла одлучивања у ГИС-у обухватала је скупове правила у одлучивању и представља често коришћен метод логичког, систематичног вођења одлучивачког процеса и информационог усмјеравања управљачких одлука.

Креирањем геопросторне базе података о природним потенцијалима Семберије, извршена је идентификација просторног размјештаја природних потенцијала овог региона. Специфични модели имплементирани су у ГИС, чиме је омогућена квалитативна и квантитативна процјена угрожености природних потенцијала, прије свега земљишта, а затим вредновање природних потенцијала Семберије, за потребе агрошумарства и за геотуризам. Према добијеним резултатима инвентаризације, процјене угрожености, процјене геоеколошке погодности за специфичне функције и издвајања приоритетних површина за заштиту, могуће је закључити да је **главна хипотеза** у раду потврђена. Примјеном аналитичког, нумеричког и ГИС приступа омогућено је ефикасно прикупљање и анализа података у функцији процјене угрожености и заштите природних потенцијала Семберије. Поступци идентификације и инвентаризације података о

природним ресурсима Семберије обухватили су сакупљање научно-стручних информација, обједињавање информација из различитих извора и база података, дигитализацију и генерисање нових података на основу доступних извора података о природним потенцијалима. Креирана је геобаза података о примарним и секундарним структурним елементима животне средине. У групи елемената примарне структуре издвојени су и анализирани елементи: тектонске структурне јединице и геолошка подлога, геоморфолошке одлике, климатско-географске одлике, хидролошке одлике, основни педолошки типови и њихова својства. У групи секундарних елемената приказани су елементи флоре, фауне и земљишног покривача. На овај начин потврђена је **прва подхипотеза** у раду да ће георгафски информациони системи омогућити боље сагледавање природних потенцијала Семберије и допринијети ефикаснијем потенцијалном коришћењу. Обједињавањем података из различитих извора, креирањем јединствене базе података о природним потенцијалима и картографским презентовањем, омогућено је једноставно, приступачно и објективно информисање о заступљености и просторном размјештају природних потенцијала у Семберији. Систематичност и егзактност у презентовању података о вриједним природним елементима Семберије може допринијети доношењу ефикаснијих управљачких одлука у складу са принципима одрживог развоја.

Истраживањем су обухваћени и поступци валоризације природних потенцијала за потребе агрошумарства и геотуризма. Агрошумарство представља комплексан систем организовања и управљања земљиштем у чијој основи је тежња за ефикасним коришћењем природних ресурса уз истовремену заштиту животне средине. ГИС у овој анализи представља основни инструмент за утврђивање локације површина на којима би имплементација агрошумских система омогућила вишеструко испуњавање циљева одрживог управљања и коришћења земљишних ресурса. ГИС је коришћен и за вредновање природних потенцијала за геотуризам.

Геотуризам представља вид еколошки прихватљивог туризма, будући да је вишеструко зависан од научног, едукативног, естетског и еколошког квалитета туристичких локалитета. Спада у групу дјелатности заснованих на промоцији заштите и одрживог коришћења природних потенцијала, уз истовремено поштовање економског, еколошког и социјалног аспекта одрживости локалне

заједнице. Геотуризам и заштитни агрошумски системи представљају просторно комплементарне активности којима се омогућава мултифункционално коришћење површина засновано на премисама поштовања природних регулационих циклуса и враћања функционалне и естетске равнотеже у природну средину. Примењене методе вредновања указале су на могућност коришћења природних потенцијала Семберије на одржив начин, док је на основу интегралног фактора погодности извршена идентификација мултифункционалних површина од нарочитог значаја за одрживо управљање природним ресурсима.

Појединачне анализе процјене угрожености површина од плувијалне ерозије, угрожености од поплава као и вредновање природних потенцијала Семберије за агрошумарство и геотуризам, засновани су на интеграцији ГИС-а са специфичним методама попут модела РУСЛЕ, Гавриловићевог модела, ХАНД модела, Фази АХП методе, ГАМ модела и методе стабла одлучивања. Резултати ових анализа дали су јасне квантитативне и квалитативне индикаторе погодности и угрожености природних потенцијала Семберије, чиме се постигао висок степен прецизности и објективности у идентификацији и вредновању природних потенцијала Семберије. Добијени резултати у сагласности су са тврдњом треће **подхипотезе**.

Вредновање природних потенцијала за потребе агрошумарства указало је на велике могућности имплементације ових система у организацији и управљању земљишним ресурсима. Висок степен погодности за врсте врбу, тополу, јову и лужњак, у најнижим дијеловима Семберије, указали су на велику могућност имплементације заштитних агрошумских система на бази ових врста. Највећу могућност имплементације имају врсте јова, лужњак, буква и багрем које захваљујући својој еколошкој отпорности могу бити успјешно интегрисане у склопу заштитних агрошумских система на простору истраживања.

Резултати вредновања природних потенцијала за геотуризам, указали су на проблеме недовољне препознатљивости и лоше информисаности о еколошком и економском значају вреднованих локалитета и могућностима коришћења осталих комплементарних туристичких елемената за креирање одрживог туристичког производа. На простору Угљевика, утврђена је слаба препознатљивост палеонтолошких локалитета и могућности коришћења палеонтолошких налаза за потребе научних истраживања, едукације и одрживог туризма. Вредновањем

одабраних локалитета у Семберији, на простору Бијељине, уочено је слабо препознавање барских екосистема и њиховог значаја за реконструкцију палеорелефа, очување флорних и фаунистичких елемената и потенцијалне заштите биодиверзитета. Иако је Громижељ најбоље оцијењен локалитет у групи вреднованих локалитета, његов значај није довољно препознат будући да научно-едукативне и заштитне вриједности локалитета нису адекватно праћене одговарајућом туристичком инфраструктуром и супраструктуром.

Препознатљивост мочварног локалитета Громижељ није допринијела аналогној препознатљивости осталих барских и мочварних локалитета, као потенцијалних носилаца одрживог туризма у Семберији, па је вредновани локалитет Бара Грабовача недовољно познат и најлошије оцијењен у групи вреднованих локалитета. Вриједност локалитета Шупља стијена је препозната кроз високе оцјене едукативне и еколошке вриједности, али са лошом инфраструктурном и супраструктурном опремљеношћу. На територији општине Лопаре су у рецентном периоду проведена хидро-геолошка истраживања којима је утврђен потенцијал за изградњу бањских центара и уређено је неколико термоминералних изворишта. У поступку реализације је припрема скијалишта на локалитету Бусија на Мајевици, а у ранијем периоду је уређено излетиште и прво викенд насеље. На територији општине Лопаре постоје значајни природни елементи које је потребно поступком туристичке валоризације процијенити и инфраструктурно уредити у циљу ефикасног и одрживог туристичког развоја.

Са аспекта коришћења земљишних ресурса, интензивнија имплементација агрошумских система омогућила би ефикаснију пољопривредну производњу уз истовремено задржавање заштитне и медијаторне улоге шумских екосистема у регулацији природних процеса. Овај систем управљања површинама потребно је имплементирати примарно на издвојеним приоритетним површинама за заштиту. На цијелом простору истраживања потребно је тежити масовнијој имплементацији агрошумских система, у циљу ефикаснијег и одрживог коришћења природних потенцијала. Према томе, указано је на неадекватан приступ у коришћењу природних потенцијала, нарочито када су у питању одрживи туризам и одржива пољопривредна производња чиме је потврђена **подхипотеза четири**.

Према резултатима процјене угрожености кишном ерозијом, највиши степен ерозивности карактеристичан је за површине које су трансформисане под интензивним антропогеним притисцима. У ове површине спада рударски коп у Угљевику, гдје интензитет ерозије вишеструко премашује вриједност од осам тона по хектару, као и на површинама интензивне експлоатације шљунка у Бијељини. Нарочито велику опасност представља ширење површинског копа на нове, сусједне површине, чиме се озбиљно угрожава животна средина и могућност одрживог коришћења како природних тако и културних елемената на територији општине Угљевик, за потребе одрживог туристичког развоја. Додатни проблем представља ширење пољопривредних површина на рачун шума, чиме се значајно поспјешује површинско отицање и спирање земљишта нарочито на секундарној ријечној тераси Саве, у Семберији и на осталим површинама. Смањењем површина под шумама и барским екосистемима, нарушава се стабилност екосистема, уништава филтрациона функција шумских екосистема, а пољопривредне површине вишеструко излажу деструкцији изазваној кинетичком енергијом поплавних таласа. Посљедице, ови фактори доприносе дестабилизацији ријечног приобаља, уништавању станишта биљних и животињских врста и утичу на креирање предуслова за настанак бујичних поплава.

Најугроженије површине од поплава су карактеристичне за урбанизоване и изграђене површине у ријечним долинама Лукавца и Јање, на мјестима промјене рељефних одлика слива. На овим површинама ријечни токови прелазе из брдско-планинског дијела слива у равничарски, често правећи лактаста скретања у правцу сјевероистока и истока, што је резултат неотектонских процеса издизања хорста Мајевице и тоњења дна Панонског басена. Услед тога најугроженије површине издвојене су у насељима на самим мјестима промјене правца ријечних токова и низводно, на мјестима ширења у меандарском дијелу ријечних долина. У насељима узводно, велики проблем представља формирање ерозивног бујичног наноса који угрожава површинске слојеве земљишта. проузрокујући интензивну трансформацију рељефа. На основу анализе размјештаја угрожених површина и поређења са начином коришћења, могуће је потврдити сагласност са **петом подхипотезом** да актуелно коришћење природних потенцијала Семберије није у потпуности у сагласности са принципима одрживости. Предност приликом

организације начина коришћења земљишта даје се максималној продуктивности пољопривредне производње не узимајући у обзир дуготрајне посљедице изазване деградацијом природних екосистема, нарочито у ријечном приобаљу.

Подхипотеза шест доказана је у првој фази истраживања и прикупљања података о природним потенцијалима Семберије. Креирање геобазе о значајним природним ресурсима на територији општина Лопаре и Угљевик и Града Бијељина, изискивало је обимне и временски захтјевне процедуре: прикупљања информација на основу доступних научних и стручних публикација, обједињавања, дигитализације и генерисања нових, недостајућих података. Обим истраживања, сложеност интеракцијских односа у животној средини и недовољна научна истраженост, додатно су отежали процес формирања геопросторне базе података. Констатовано је да су у стратешким документима просторног развоја ових административних јединица често изостајале неопходне информације и јасни прикази просторног размјештаја значајних природних вриједности и природних потенцијала којима ове локалне заједнице располажу. Према томе, сваки помак у креирању обједињене геопросторне базе података о природним вриједностима као и свака научно и стручно утемељена валоризација природних потенцијала може да допринесе ефикаснијем управљању и заштити природних потенцијала мезорегије Семберија, односно одрживом управљању природним потенцијалима на територији локалних заједница Лопаре, Угљевик и Бијељина.

Иако је циљ овог истраживања обухватао ефикаснију примјену географских информационих система као подршке управљању природним потенцијалима Семберије, постоје могућности за даље унапређење урађених анализа. Претпоставља се да би интензивнија примјена савремених метода и техника комплементарних ГИС-у омогућила већи степен прецизности анализа, нарочито приликом процјене погодности површина за агрошумске системе и процјену угрожености површина појавом великих поплавних вода. Примјена ЛИДАР технологије у комбинацији са аналитичким алатима ГИС-а, додатно би унаприједила прецизност идентификације површина угрожених од поплава и омогућила егзактније лоцирање површина највеће приоритетности за регенерацију и заштиту, нарочито у алувијалним равнима и зонама ријечног приобаља.

На самом крају, потребно је указати на научни и практични значај коришћене методологије и добијених резултата. Прикупљени и обједињени геопросторни подаци о природним потенцијалима Семберије могу бити база за креирање катастра природних потенцијала у све три административне јединице. Примјеном ГИС-а, омогућена је ефикасна идентификација и инвентаризација важних природних потенцијала Семберије, па би ова база могла послужити као основ за креирање стратешких развојних докумената, просторних планова, стратегија руралног развоја, стратегија развоја туризма и слично. Резултати добијени на основу анализе процјене угрожености површина плувијалном ерозијом имају значај за усмјеравање будућих активности у пољопривреди, за израду катастра угрожених и девастираних површина и за израду стратегија заштите земљишних ресурса. Значајну примјену резултати могу имати приликом израде студија процјене утицаја на животну средину, будући да је утврђено да су површине Семберије изложене негативним утицајима природних фактора, ерозије и поплава, који могу бити додатно интензивирани неадекватним начином коришћења земљишта.

Анализе морфометријских одлика семберских сливова, прорачун максималних протика различите учесталости појаве, анализе угрожених површина у зонама изложености и угроженост урбаних површина по насељима, могу се примијенити приликом израде студија процјене ризика од поплава на ријекама Јањи, Лукавцу и Тавној. Ове анализе могу се користити за потребе израде катастра угрожених површина и карата опасности од поплава, за управљање ризицима од поплава, за израду Планова управљања обласним ријечним сливовима у Републици Српској и Федерацији БиХ и израду Планова заштите од штетног дјеловања вода.

Резултати анализе погодности површина за заштитне агрошумске системе могу се користити приликом израде Планова заштите, коришћења и уређења земљишта као и за израду стратегија одрживе пољопривредне производње, за израду Планова очувања и унапређења водозащитне функције шума. Резултати вредновања природних потенцијала Семберије за геотуризам треба да допринесу популаризацији одрживог туризма у Семберији, базираног на природним елементима. Резултати вредновања могу се користити у функцији израде Плана заштите животне средине локалних самоуправа Угљевик, Лопаре и Бијељина у

циљу остваривања смјерница прописаних Законом о заштити природе (Службени гласник Републике Српске 20/14, 2014) и Стратегијом о заштити животне средине Републике Српске (Службени гласник Републике Српске 118/22, 2022). Добијене вриједности вредновања геолокалитета указале су на недостатак туристичке опремљености или лошу информисаност о могућностима валоризације специфичних природних елемената у функцији одрживог туризма. Поред геолошких локалитета, посебну пажњу требало би посветити афирмацији и промоцији научно-едукативних облика туристичке активности на простору барских и мочварних екосистема. За потребе истраживања у овој дисертацији извршена је инвентаризација природних и културно-историјских локалитета и картографско представљање, који се уз додатно ажурирање могу користити као информациона подлога приликом креирања туристичке понуде на простору Семберије и подмајевичког краја. Резултати туристичке валоризације могу се примијенити за израду стратегија одрживог развоја туризма и стратегија руралног развоја .

Закључци изведени на основу резултата анализе утврђивања и категоризације приоритетности заштите површина Семберије, могу се користити приликом израде секторских планова у области управљања водним и земљишним ресурсима Семберије и за објективно информисање о локацији и распрострањености угрожених, мултифункционалних површина. Резултати пружају потенцијалну информациону подршку за лоцирање површина од значаја за заштиту природе.

Будући да у Босни и Херцеговини још увијек није довољно препознат значај географских информационих система у алокацији, вредновању и заштити природних потенцијала, ово истраживање може допринијети афирмацији и масовнијој примјени географских истраживања и геопросторне технологије у одрживом управљању природним добрима. Примијењени методолошки приступи, засновани на интеграцији ГИС-а и комплементарних аналитичких модела хидролошког, геоеколошког и геостатистичког моделовања, могу послужити као полазиште за провођење истих или сличних анализа на локалном или регионалном нивоу, на простору Републике Српске, Босне и Херцеговине.

16. ЛІТЕРАТУРА

- Abdelrahman, M., Natarajan, A., & Hegde, R. (2016). Assessment of land suitability and capability by integrating remote sensing and GIS for agriculture in Chamarajanagar district, Karnataka, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 125-141.
- Ackoff, R. L. (1989). From data to wisdom. *Journal of applied systems analysis*, 16(1), 3-9.
- Admasu, S., Desta, H., Yeshitela, K., & Argaw, M. (2022). Analysis of land suitability for apple-based agroforestry farming in Dire and Legedadi watersheds of Ethiopia: implication for ecosystem services. *Heliyon*, 8(11), e11217.
- Aerts, J., Van Herwijnen, M., Janssen, R., & Stewart, T. (2005). Evaluating spatial design techniques for solving land-use allocation problems. *Journal of Environmental Planning and Management*, 48(1), 121-142.
- Ahmad, F., Uddin, M. M., & Goparaju, L. (2018). Assessment of remote sensing and GIS application in identification of land suitability for agroforestry: A case study of Samastipur. *Contemporary Trends in Geoscience*, 7(2), 214-227.
- Ahmad, T., Rai, A., & Singh, R. (2010). Statistical evaluation of development of villages potential for agroforestry using GIS. *Advances in Applied Research*, 2(2), 157-163.
- Ali, S. A., Parvin, F., Vojteková, J., Costache, R., Linh, N. T., Pham, Q. B., . . . Ghorbani, M. A. (2021). GIS-based landslide susceptibility modeling: A comparison between fuzzy multi-criteria and machine learning algorithms. *Geoscience Frontiers*, 12(2), 857-876.
- Alonso, J. A., & Lamata, M. T. (2006). Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach. *International journal of uncertainty, fuzziness and knowledge-based systems*, 14(4), 445-459.
- Amini, S., Rohani, A., Hossein Aghkhani, M., Hossein Abbaspour-Fard, M., & Reza Asgharipour, M. (2022). Assessment of land suitability and agricultural production sustainability using a combined approach (Fuzzy-AHP-GIS): A case study of Mazandaran province, Iran. *Information Processing in Agriculture*, 7(3), 384-402.

- Andersen, H. E., McGaughey, R. J., & Reutebuch, S. E. (2005). Estimating forest canopy fuel parameters using LIDAR data. *Remote sensing of Environment*, 94(4), 441-449.
- Anderson, D. A. (2014). *Environmental Economics and Natural Resource Management (4th ed.)*. Routledge.
- Anđelković, M. (1988). *Geologija Jugoslavije*. Beograd: Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Anselin, L. (1996). Interactive techniques and exploratory spatial data analysis. *Regional research institute Working papers*, 200, pp. 253-266.
- Antić, M., Jović, N., & Avdalović, V. (1982). *Pedologija*. Beograd: Novi Dani.
- Arnold, J. G., Moriasi, D. N., Gassman, P. W., Abbaspour, K. C., White, M. J., Srinivasan, R., . . . Kannan, N. (2012). SWAT: Model use, calibration, and validation. *Transactions of the ASABE*, 55(4), 1491-1508. doi:10.13031/2013.42256
- Aronoff, S. (1989). *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. Ottawa: WDL Publication.
- Aspinall, R., & Pearson, D. (2000). Integrated geographical assessment of environmental condition in water catchments: Linking landscape ecology, environmental modelling and GIS. *Journal of Environmental Management*, 59(4), 299-319.
- Avdibegović, M., Brajić, A., Marić, B., & Bećirović, D. (2018). *Šume visoke zaštitne vrijednosti u Bosni i Hercegovini. Vodič za izdvajanje, gospodarenje i monitoring*. Zagreb: WWF Adria.
- Ayalew, L., Yamagishi, H., & Ugawa, N. (2004). Landslide susceptibility mapping using GIS-based weighted linear combination, the case in Tsugawa area of Agano River, Niigata Prefecture, Japan. *Landslides*, 1(1), 73-81.
- Aydin, M. C., & Sevgi Birincioğlu, E. (2022). Flood risk analysis using gis-based analytical hierarchy process: a case study of Bitlis Province. *Applied Water Science*, 12(6), 1-10.
- Baas, S., Ramasamy, S., DePryck, J. D., & Battista, F. (2008). *Disaster risk management systems analysis*. Rome: FAO.

- Babaie-Kafaky, S., Mataji, A., & Sani, N. A. (2009). Ecological capability assessment for multiple-use in forest areas using GIS-based multiple criteria decision making approach. *American Journal of Environmental Sciences*, 5(6), 714-721.
- Băcescu-Cărbunaru, A. (2018). Global Demographic Pressures and Management of Natural Resources – Foresights about the Future of Mankind. *Revista de Management Comparat Internațional*, 19(1), 40 - 53.
- Bagaram, B., Mounir, F. L., & Ponette, Q. (2016). Site suitability analysis for cork oak regeneration using GIS based multicriteria evaluation techniques in Maamora Forest-Morocco. *Open Access Library Journal* 03, 3, e2483.
- Bahaire, T., & Elliott-White, M. (1999). The Application of Geographical Information Systems (GIS) in Sustainable Tourism Planning: A Review. *Journal of Sustainable Tourism*, 7(2), 159–174.
- Bartier, P. M., & Keller, C. P. (1996). Multivariate interpolation to incorporate thematic surface data using inverse distance weighting (IDW). *Computers & Geosciences*, 795-799. doi:10.1016/0098-3004(96)00021-0
- Bašić, F. (1994). Klasifikacija oštećenja tala Hrvatske. *Agronomski glasnik*, 56(3 - 4), 291-310.
- Beck-Mannagetta, G. (1904). *Flora von Bosnien, der Herzegowina und des Sandzaks Novipazar I thier*. Wien: Kommission bei Carl Gerold Sohn.
- Benavidez, R., Jackson, B., Maxwell, D., & Norton, K. (2018). A review of the (Revised) Universal Soil Loss Equation ((R) USLE): with a view to increasing its global applicability and improving soil loss estimates. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(11), 6059-6086.
- Bentrup, G., & Kellerman, T. (2003). Agroforestry and GIS: achieving land productivity and environmental protection. *Proceedings of the 8th North American Agroforestry Conference*, (pp. 15-25). Corvallis.
- Bentrup, G., & Leininger, T. (2002). Agroforestry: mapping the way with GIS. *Journal of Soil and Water Conservation*, 57(6), 148A-153A.
- Berry, B. J., & Marble, D. F. (1968). *Spatial analysis: A reader in statistical geography*. (1st изд.). New York: Englewood Cliffs, Prentice-Hall.

- Berry, J. K. (1987). Fundamental operations in computer-assisted map analysis. *International Journal of Geographical Information systems*, 1, 119-136. doi:10.1080/02693798708927799
- Beven, K. J., & Kirkby, M. J. (1979). A physically based, variable contributing area model of basin hydrology/Un modèle à base physique de zone d'appel variable de l'hydrologie du bassin versant. *Hydrological sciences journal*, 24(1), 43-69.
- BHMAC. (2023, novembar 7). Centar za uklanjanje mina u Bosni i Hercegovini. Sarajevo, Bosna i Hercegovina.
- Bickmore, D. P. (1968). Maps for the computer age. *The Geographical Magazine*, 41(3), 221-227.
- Bijeljina Danas. (2018, maj 15). FOTO: Dan sjećanja na majske poplave u Bijeljini 2014. godine. Preuzeto sa <https://www.bijeljina.org/>: <https://www.bijeljina.org/novosti/30271/64/FOTO-Dan-sjecanja-na-majske-poplave-u-Bijeljini-2014-godine.html>
- Bjelajac, D., Leščešen, I., Micić, T., & Pantelić, M. (2013). Estimation of water quality of Sava River (Vojvodina, Serbia) in the period 2004-2011 using Serbian Water Quality Index (SWQI). *Geographica Pannonica*, 17(4), 91-97.
- Blumenthal, B., Haas, J., & Andersson, J. O. (2018). A GIS-based multivariate approach to identify flood damage affecting factors. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, 1-27.
- Bognar, A. (1992). Inženjerskogeomorfološko kartiranje. *Acta Geografica Croatica*, 27, 173-185.
- Bolstad, P. (2019). *GIS Fundamentals: A first text on Geographic information systems* (6th ed.). White Bear Lake, Minnesota, USA: Eider Press.
- Bonham-Carter, G. (1994). *Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS* (1st ed.). Ontario: Pergamon.
- Borghi, M., Tognetti, R., Monteforti, G., & Sebastiani, L. (2008). Responses of two poplar species (*Populus alba* and *Populus x canadensis*) to high copper concentrations. *Environmental and Experimental Botany*, 62(3), 290-299.
- Borrelli, P., Alewell, C., Alvarez, P., Anache, J. A., Baartman, J., Ballabio, C., . . . Panagos, P. (2021). Soil erosion modelling: A global review and statistical analysis. *Science of the total environment*, 780, 1-18.

- Bricombe, A. (2010). *GIS, Environmental modeling and Engineering* (2nd изд.). Boca Raton, Florida, USA: Taylor & Francis Group.
- Brilha, J. (2014). Geoconservation, Concept of. In G. Tiess, T. Majumder, & P. Cameron (Eds.), *Encyclopedia of Mineral and Energy Policy* (pp. 1-2). Berlin: Springer.
- Brilly, M. (2010). *Hydrological processes of the Danube River basin*. Heidelberg: Springer.
- Brown, D., Pijanowski, B., & Duh, J. (2002). Modeling the relationship between land use and land cover in private lands in Upper Midwest, USA. *Journal of Environmental Management*, 247-263.
- Buckley, J. J. (1985). Ranking alternatives using fuzzy numbers. *Fuzzy sets and systems*, 15(1), 21-31.
- Bulić, J., & Šimundić, Z. (1976). *Regionalni naftno-geološki radovi na području Sjeverne Bosne*. Zagreb: Industroprojekt.
- Burrough, P. A. (1986). *Principles of geographical Information systems for land resource assessment*. Oxford: Clarendon Press.
- Burrough, P. A., & McDonell, R. A. (1998). *Principles of Geographic Information Systems*. New York: Oxford University Press.
- Butorac, A. (1963). Uvjetna bilanca vlage prema hidrotermičkom koeficijentu Seljaninova za neka mjesta u Hrvatskoj. *Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, 13(8), 568-573.
- Büttner, G., Kosztra, B., Maucha, G., Pataki, R., Kleeschulte, S., Hazeu, G., & Littkopf, A. (2021). *CORINE Land Cover Product User Manual (Version 1.0)*. Copenhagen, Denmark: European Environmental Agency.
- Buzaljko, R., & Marković, S. (1986). *Tumač osnovne geološke karte SFRJ 1:100000, list Brčko*. Beograd: Savezni geološki zavod Beograd.
- Buzaljko, R., Vujnović, L., & Olujić, J. (1985). *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000, list Brčko*. Beograd: Savezni geološki zavod Beograd.
- Cardona, O. D., Van Aalst, M. K., Birkmann, J., Fordham, M., McGregor, G., Perez, R., . . . Singh, B. (2012). Determinants of risk: exposure and vulnerability. In C. Field, V. Barros, T. Stocker, D. Quin, D. Dokken, K. Ebi, . . . P. Midgley (Eds.), *IPCC, 2012: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate*

- Change Adaptation* (pp. 65-108). Cambridge; New York: Cambridge University Press.
- Carver, A. D., Danskin, S. D., Zaczek, J. J., Mangun, J. C., & Williard, K. W. (2004). A GIS methodology for generating riparian tree planting recommendations. *Northern Journal of Applied Forestry*, 21(2), 100-106.
- Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95(3), 649–655.
- Chang, K. T. (2019). *Introduction to geographic Information Systems* (9th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Chang, N. B., Parvathinathan, G., & Breeden, J. B. (2008). Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. *Journal of environmental management*, 87(1), 139-153.
- Chauhan, N., Agarwal, R., Garg, K., & Choudhury, T. (2020). Redundant IaaS Cloud Selection With Consideration Of Multi Criteria Decision Analysis. *Procedia Computer Science*, 167, 1325-1333.
- Chhetri, P., & Arrowsmith, C. (2008). GIS-based Modelling of Recreational Potential of Nature-Based Tourist Destinations. *Tourism Geographies*, 10(2), 233–257.
- Chrisman, N. (2006). *Charting the unknown. How computer mapping at Harvard became GIS*. Redland: ESRI.
- Chuma, G. B., Cirezi, N. C., Mondo, J. M., Mugumaarhahama, Y., Ganza, D. M., Katcho, K., . . . Schmitz, S. (2021). Suitability for agroforestry implementation around Itombwe Natural Reserve (RNI), eastern DR Congo: Application of the Analytical Hierarchy Process (AHP) approach in geographic information system tool. *Trees, Forests and People*, 6, 100125.
- Church, R. L., & Murray, A. T. (2009). *Business site selection, location analysis, and GIS*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Clark, R. N., & Stankey, G. H. (1979). *The recreation opportunity spectrum: A framework for planning, management, and research*. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station.
- Coppock, J. T., & Rhind, D. W. (1991). The history of GIS. *Geographical information systems: Principles and applications*, 1(1), 21-43.

- Corral-Pazos-de-Provens, E., Domingo-Santos, J. M., & Rapp-Arrarás, Í. (2018). Estimating the very fine sand fraction for calculating the soil erodibility K-factor. *Land Degradation & Development*, 29(10), 3595 - 3606.
- Cova, T. J. (1999). GIS in emergency management. *Geographical information systems*, 2(12), 845-858.
- Cowen, D. (1990). Unit 01 - What is GIS? In M. F. Goodchild, & K. K. Kemp (Eds.), *NCGIA Core Curriculum in GIS* (pp. 1-9). Santa Barbara, USA: NCGIA.
- Čičić, S. (2002). *Geološki sastav i tektonika Bosne i Hercegovine*. Sarajevo: Earth Science Institute.
- Čičić, S., Jovanović, Č., Mojićević, M., & Tokić, S. (1991). *Tumač osnovne geološke karte SFRJ 1:100000, list Tuzla*. Beograd: Savezni geološki zavod Beograd.
- Čičić, S., Mojićević, M., Jovanović, Č., Tokić, S., & Dimitrov, P. (1990). *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000, list Tuzla*. Beograd: Savezni geološki zavod Beograd.
- Ćulum, A. (2020, novembar). *Novakova pećina*. Прегледао са <https://maps.app.goo.gl:https://maps.app.goo.gl/GXJwVb6G8EfUVcn59>
- Ćurčić, M., Stanković, M., Milinković, D., & Petrović-Tomanić, O. (2017). Taxonomy and ecology of phytocoenotic diversity of the Gromiželj wetland as special nature reserve. *Archives for Technical Sciences*, 17(1), 67-77. doi:10.7251/afts.2017.0917.067C
- Dangermond, J. (1991). Where is the technology leading us? *The Forestry Chronicle*, 67(6), 599–603. doi:10.5558/tfc67599-6
- de Castro Pardo, M., & Urios, V. (2016). A critical review of multi-criteria decision making in protected areas. *Economía Agraria y Recursos Naturales-Agricultural and Resource Economics*, 16(2), 89-109.
- Dekanić, I. (1962). Utjecaj podzemne vode na pridolazak i uspijevanje šumskog drveća u Posavskim šumama kod Lipovljana. *Glasnik za šumske pokuse: Annales pro experimentis foresticis*, 15, 5-117.
- Demirel, T., Demirel, N. Ç., & Kahraman, C. (2008). Fuzzy analytic hierarchy process and its application. In C. Kahraman (Ed.), *Fuzzy Multi-criteria Decision-Making* (Vol. 16, pp. 53-83). Springer.

- den Biggelaar, C., Lal, R., Eswaran, H., Breneman, V. E., & Reich, P. F. (2003). Crop yield losses to soil erosion at regional and global scales: Evidence from plot-level and GIS data. In K. Wiebe (Ed.), *Land Quality, Agricultural Productivity, and Food Security* (pp. 262-279). Edward Elgar Publishing.
- DERK. (2021). *Izveštaj o radu državne regulatorne agencije za električnu energiju u 2021. godini*. Tuzla: Državna regulatorna agencija za električnu energiju BiH. Preuzeto mart 13, 2022 sa <https://www.derk.ba/DocumentsPDFs/DERK-Izvjestaj-o-radu-2021-b.pdf>
- Dešavanja u Bijeljini. (2023, septembar 7). *BIJELJINA: U nedjelju akcija čišćenja obale i vodene površine „Švapske ade“*. Preuzeto sa <https://desavanjaubijeljini.com:https://desavanjaubijeljini.com/bijeljina-u-nedjelju-akcija-ciscenja-obale-i-vodene-povrsine-svapske-ade/101274/>
- Diaz-Balteiro, L. &. (2007). Multiple criteria decision-making in forest planning: recent results and current challenges. In A. Weintraub, C. Romero, T. Bjørndal, R. Epstein, & J. Miranda (Eds.), *Handbook Of Operations Research In Natural Resources* (pp. 473-488). Boston: Springer US.
- Direkcija za izgradnju i razvoj grada Bijeljina. (2020). *Urbanistički plan Grada Bijeljina*. Bijeljina: Grad Bijeljina.
- Dottori, F., Mentaschi, L., Bianchi, A., Alfieri, L., & Feyen, L. (2023). Cost-effective adaptation strategies to rising river flood risk in Europe. *Nature Climate Change*, *13*, 196–202 .
- Dowling, R. K. (2013). Global geotourism – an emerging form of sustainable tourism. *Czech journal of tourism*, *2*(2), 59-79.
- Dowling, R. K., & Newsome, D. (Eds.). (2006). *Geotourism. Sustainability, impact and management*. Oxford, UK: Elsevier.
- Dragičević, S., Tošić, R., Stepić, M., Živković, N., & Novković, I. (2013). Consequences of the river bank erosion in the southern part of the Pannonian Basin: Case study–Serbia and the Republic of Srpska. *Forum Geografic*, *12*(1), 5-15.
- Dražić, D., Cule, N., Veselinović, M., Rakonjac, L., Bojović, S., Mitrović, S., & Todorović, N. (2013). Agroforestry: possibilities of multifunctional land use. *Book of proceedings IV international symposium Agrosym* (pp. 867-872). East Sarajevo: Faculty of Agriculture, University of East Sarajevo.

- Drešković, N. (2011). *Klimatski tipovi u BiH (doktorska disertacija)*. Sarajevo.
- Drobne, S., & Lisec, A. (2009). Multi-attribute decision analysis in GIS: weighted linear combination and ordered weighted averaging. *Informatica*, 33(4), 459-475.
- Dukić, D. (1962). *Opšta hidrologija*. Beograd: Univerzitet u Beogradu.
- Durigon, V. L., Carvalho, D. F., Antunes, M. A., Oliveira, P. T., & Fernandes, M. M. (2014). NDVI time series for monitoring RUSLE cover management factor in a tropical watershed. *International Journal of Remote Sensing*, 35(2), 441-453.
- Đurić, D., & Požar, T. (2017). Analysis of Semberija vegetation index by processing satellite images in software program Idrisi. *Zbornik radova Građevinskog fakulteta*, 32, 45-56.
- Đurić, N., & Đurić, D. (2015). Importance of Geothermal Energy in the Area of Semberija in the Republic of Srpska. *Contemporary Materials*, 6(2), 234-242.
- Đurić, N., & Radovanović, S. (2012). Energetska potencijalnost geotermalnih resursa i mogućnost njihovog korišćenja za toplifikaciju Grada Bijeljine. *Arhiv za tehničke nauke*, 6(1), 1-9.
- Eastman, J. R. (1999). Multi-criteria evaluation and GIS. *Geographical information systems*, 1(1), 493-502.
- Elhag, M. (2011). Land suitability for afforestation and nature conservation practices using remote sensing & GIS techniques. *Catrina: The International Journal of Environmental Sciences*, 6(1), 11-17.
- El-Rabbany, A. (2002). *Introduction to GPS: the global positioning system*. Boston; London: Artech House.
- ESRI. (2011). *Arc Hydro Tools v2.0 – Tutorial*. New York City: ESRI.
- ESRI. (2020). ArcGIS 10.8. Redlands, Canada.
- EU Greenway. (2013). *Crvena lista flore Federacije Bosne i Hercegovine, knjiga 2*. Sarajevo: Federalno ministarstvo okoliša i turizma.
- European Commission. (2006). *Renewed EU Sustainable Development Strategy*. Brussels. Retrieved from <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-10917-2006-INIT/en/pdf>
- European Environment Agency. (2016, April 20). EU-DEM. Retrieved August 13, 2022, from <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1?tab=mapview>

- European Environment Agency. (2019a, June 14). Corine Land Cover (CLC) 2000. (Version 2020_20u1). doi:10.2909/8b85b479-6afb-42c6-817c-11d1a5260b83
- European Environment Agency. (2019b, June 14). Corine Land Cover (CLC) 2018. (Version 2020_20u1). doi:10.2909/71c95a07-e296-44fc-b22b-415f42acfd0
- Ewert, A. W., Baker, D. C., & Bissix, G. C. (2004). *Integrated resource and environmental management: the human dimension*. CABI.
- FAO - UNESCO. (1981). *Soil map of the world 1:5000000* (Vol. 5). Paris: FAO - UNESCO.
- FAO - UNESCO. (1997). *Soil map of the world. Revised legend with corrections and updates*. Wageningen: ISRIC. Retrieved December 22, 2021, from https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/soils/docs/isricu_i9264_001.pdf
- FAO & ITPS. (2015). *Status of the World's Soil Resources*. Rome: FAO. Retrieved from <https://www.fao.org/3/i5199e/I5199E.pdf>
- FAO. (2000/2002). *Inventar stanja zemljišnih resursa u poslijeratnom periodu u Bosni i Hercegovini*.
- FAO. (2015, October 23). *Agroforestry*. Retrieved June 24, 2023, from <https://www.fao.org>: <https://www.fao.org/forestry/agroforestry/80338/en/>
- FAO. (2023, June 6). *Agricultural land (sq. km), electronic files and web site*. Retrieved from <https://www.worldbank.org>: <https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.AGRI.K2>
- FAO/IIASA/ISRIC/ISS-CAS/JRC. (2009). *Harmonized World Soil Database (version 1.1)*. Rome - Laxenburg, Italy - Austria: FAO-IIASA.
- Fedra, K. (1993). GIS and environmental modeling. In B. O. Parks, L. T. Steyaert, & M. F. Goodchild (Eds.), *Environmental modeling with GIS* (pp. 35-50). Oxford: Oxford University Press.
- Feizizadeh, B., & Blaschke, T. (2013). Land suitability analysis for Tabriz County, Iran: a multi-criteria evaluation approach using GIS. *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(1), 1-23.
- Feloni, E., Mousadis, I., & Baltas, E. (2020). Flood vulnerability assessment using a GIS-based multi-criteria approach—The case of Attica region. *Journal of Flood Risk Management*, 13(Suppl. 1), 1-15.

- Fernandez, C., Wu, J. Q., McCool, D. K., & Stöckle, C. O. (2003). Estimating water erosion and sediment yield with GIS, RUSLE, and SEDD. *Journal of soil and Water Conservation*, 58(3), 128-136.
- Ferus, P., Hnilička, F., Hniličková, H., Kurjak, D., Kmeť, J., Otepka, P., & Konôpková, J. (2020). Productivity and heat-stress tolerance in Canadian poplar (*Populus×canadensis* Moench) clones with different ecological optimum. *Biomass and Bioenergy*, 138, 105605.
- Feyen, L., Ciscar Martinez, J., Gosling, S., Ibarreta Ruiz, D., Soria Ramirez, A., Dosio, A., . . . Olariaga-Guardiola, M. (2020). *Climate change impacts and adaptation in Europe*. Luxemburg: Publications Office of the European Union. doi:10.2760/171121
- FHMZ. (2013-2022). *Meteorološki godišnjak 1997-2021*. Sarajevo: Federalni hidrometeorološki zavod Sarajevo. Preuzeto jul 17, 2022 sa <http://www.fhmzbih.gov.ba/>
- Fiedler, F. R. (2003). Simple, practical method for determining station weights using Thiessen polygons and isohyetal maps. *Journal of Hydrologic engineering*, 8(4), 2019-221.
- Findawati, Y., Qomariyah, N., Fitroni, A. S., & Abdullah, D. (2018). Decision support system for Islamic couple selection using fuzzy-AHP and WSM method based web. *MATEC web of conferences*. 197, p. 15009. EDP Sciences.
- Fischer, M. (1999). Spatial analysis: Retrospect and prospect. In P. Longley, M. Goodchild, D. Maguire, & D. Rhind (Eds.), *Geographical Information Systems: Principles, Technical Issues, Management Issues and Applications* (2nd ed., Vol. 1, pp. 283-292). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Fistikoglu, O., & Harmancioglu, N. B. (2002). Integration of GIS with USLE in assessment of soil erosion. *Water Resources Management*, 16(6), 447-467.
- Flanagan, D. C., Ascough, J. C., Nearing, M. A., & Laflen, J. M. (2001). The water erosion prediction project (WEPP) model. *Landscape erosion and evolution modeling*, 145 - 199. doi:doi:10.1007/978-1-4615-0575-4_7
- Foster, G. R., McCool, D. K., Renard, K. G., & Moldenhauer, W. C. (1981). Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. *Journal of Soil and water conservation*, 36(6), 355-359.

- Franklin, J. F. (1994). Developing information essential to policy, planning, and management decision-making: the promise of GIS. In A. Sample (Ed.), *Remote sensing and GIS in ecosystem management*. Island Press.
- Fuertes-Gutiérrez, I., & Fernández-Martínez, E. (2012). Mapping geosites for geoheritage management: A methodological proposal for the Regional Park of Picos de Europa (León, Spain). *Environmental management*, 50, 789-806.
- Gajski, D. (2007). Osnove laserskog skeniranja iz zraka. *Ekscentar*, 10, 16-22.
- Gallay, M., & Jozef, P. (2013). Direct Acquisition of Data: Airborne laser scanning. In *Geomorphological Techniques* (pp. 1-17). British Society for Geomorphology.
- Gavrilović, S. (1972). *Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji*. Beograd: Časopis Izgradnja.
- Gavrilović, S. (1972). *Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji*. Beograd: Izgradnja.
- Gleyzer, A., Denisyuk, M., Rimmer, A., & Salinger, Y. (2004). A fast recursive gis algorithm for computing strahler stream order in braided and nonbraided networks. 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 40(4), 937-946.
- González-Cao, J., García-Feal, O., Fernández-Nóvoa, D., Domínguez-Alonso, J., & Gómez-Gesteira, M. (2019). Towards an automatic early warning system of flood hazards based on precipitation forecast: the case of the Miño River (NW Spain). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 19(11), 2583-2595. doi:10.5194/nhess-19-2583-2019
- Goodchild, M. (1992). Geographical information science. *International journal of geographical information systems*, 6(1), 31-45. doi:10.1080/02693799208901893
- Goodchild, M. (2009). Geographic information systems and science: today and tomorrow. *Procedia Earth and Planetary Science*, 1(1), 1037-1043.
- Goodchild, M. F. (2003). Geographic information science and systems for environmental management. *Annual Review of Environment and Resources*, 28(1), 493-519.
- Goodchild, M., Haining, R., & Wise, S. (1992). Integrating GIS and spatial data analysis: problems and possibilities. *International journal of geographical information systems*, 6(5), 407-423.
- Google Earth. (2020, avgust 9). Grabovača. 44°51'57"N 19°14'06"E, 7697 m. (C. /. Airbus, Kompajler) Bijeljina, RS, B&H. Preuzeto 8 23, 2023

- Govedar, Z. (2011). *Gajenje šuma*. Banja Luka: Šumarski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci.
- Govedar, Z., & Krstić, M. (2016). *Gajenje šuma posebne namjene*. Banja Luka: Šumarski fakultet Univerziteta u Banja Luci.
- Gray, M. (2004). *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. Chicester, UK: John Wiley and Sons.
- Gray, M. (2008). Geodiversity: developing the paradigm. *Proceedings of the Geologists' Association*, 119, pp. 287–298. doi:10.1016/s0016-7878(08)80307-0
- Gray, M. (2018). Geodiversity: the backbone of geoheritage and geoconservation. In E. Reynard, & J. Brilha (Eds.), *Geoheritage. Assessment, protection and management* (pp. 13-25). Elsevier.
- Green, R. D., Gregory, J. B., & Karachock, R. A. (Urednici). (2021). *Unmanned aerial remote sensing: UAS for environmental applications*. Boca Raton, Florida, USA: CRS Press.
- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2010). *Proposal for Common International Classification of Ecosystem Goods and Services (CICES) for Integrated Environmental and Economic Accounting (VI)*. Nottingham, UK: European Environment Agency. Retrieved 5 12, 2021, from https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2012/09/CICES-V4_Final_26092012.pdf
- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2018). *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*. European Environment Agency. Retrieved May 12, 2021, from <https://cices.eu/>
- Hajdú, E., & Pál, M. (2022). Cartographic and GIS aspects of geosite assessment: a case study in the Gerecse Hills, Hungary. *Abstracts of the International Cartographic Association* (pp. 1-3). Vienna: European Cartographic Conference – EuroCarto 2022.
- Harmon, J. E., & Anderson, S. J. (2003). *The design and implementation of geographic information systems*. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons.
- Harvey, F. (2015). *A primer of GIS: fundamental geographic and cartographic concepts*. New York, USA: Guilford Publications.

- Hauer, F. (1868). *Geologische Uebersichtskarte Der Osterreichischen Monarchie Nach Den Aufnahmen Der K. K. Geol. Reichsanstalt, Blatt, 10. Dalmatien*, (Vol. 18/5). Wien: Jahrb. Geol, Reichz. Retrieved from <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b530227329/f1.item.zoom>
- He, D., Wan, X., Wang, B., Wan, X., & Lu, M. (2020). *Poplars and willows, sustaining livelihoods in urban and periurban forests in China*. Rome: FAO.
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., . . . Thépaut, J. N. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(730), 1999-2049.
- Heywood, I., Cornelius, S., & Carver, S. (2011). *An introduction to Geographic Information Systems* (4th изд.). London, UK: Pearson Prentice Hall.
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins, hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America*, 56(3), 275–370.
- Hose, T. (2005). Geotourism: Appreciating the deep time of landscapes. In T. Hose, & M. Novelli (Ed.), *Niche Tourism, Contemporary issues, trends and cases* (pp. 27-37). Oxford, UK: Elsevier.
- Hrvatović, H. (2008). Vodni resursi Bosne i Hercegovine. *Novi Muallim*, 35, 86-89.
- Huisman, O., & de By, R. (Eds.). (2009). *Principles of geographic information systems*. Enschede: The International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation.
- Hurtado-Pidal, J., Acero Triana, J. S., Espitia-Sarmiento, E., & Jarrín-Pérez, F. (2020). Flood hazard assessment in data-scarce watersheds using model coupling, event sampling, and survey data. *Water*, 12(10), 2768.
- InfoBijeljina. (2020, jun 10). *Grad Bijeljina pomaže čišćenje Gromiželja*. Препузето са InfoBijeljina.com: <https://www.infobijeljina.com/vijesti/grad-bijeljina-pomaze-ciscenje-gromizelja-foto>
- International Federation of Red Cross And Red Crescent Societies. (2014, June 21). Balkans: Floods - May 2014 - Situation Report Bosnia and Herzegovina. Bosnia and Herzegovina: Red Cross/Red Crescent Movement. Retrieved from <https://reliefweb.int/report/bosnia-and-herzegovina/bosnia-and-herzegovina-floods-emergency-appeal-n-mdrba009-operations>

- Ivanović, D. (1976). *Meteorološka statistika*. Beograd: Hidrometeorološka tehnička škola.
- Jabbar, M. T., & Chen, X. (2005). Soil degradation risk prediction integrating RUSLE with geoinformation techniques, the case of northern Shaanxi province in China. *American journal of applied sciences*, 2(2), 550-556.
- Jakšić, B. (1973). *Pedološka karta Jugoslavije, Bosna i Hercegovina 1:50000, tla sekcije Bijeljina 1 i 2*. Sarajevo: Zavod za agropedologiju.
- Jankowski, P. (1995). Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods. *International Journal of Geographical Information Systems*, 9(3), 251–273. doi:10.1080/02693799508902036
- Jelaska, V. (1976). *Sastav i odnosi gornjokrednih i paleogenih naslaga Sjeverne Bosne i njihovo naftno-geološko značenje*. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.
- Jiang, B. (1996). Cartographic visualization: analytical and communication tools. *Cartography*, 25(2), 1-11.
- Jones, C. (1997). *Geographic information systems and computer cartography*. Reading, Massachusetts, USA: Addison-Wesley Longman.
- Jovanović, B. (1991). *Dendrologija*. Beograd: Naučna knjiga.
- Jovanović, G. (2018). *Badenske školjke jugoistočnog oboda Panonskog basena (Centralni Paratetis)* (posebna izdanja izd., T. 44). Beograd: Prirodnjački muzej u Beogradu.
- JU Banja Dvorovi. (2018). *Smjestaj*. Preuzeto sa <https://www.banja-dvorovi.com/>: <https://www.banja-dvorovi.com/index.php/smjestaj>
- Jukić, M. (2008). Rijeka Sava kao resurs u prostornom planiranju. *Geoadria*, 13(1), 81-96.
- Kajmaković, R. (1974). *Semberija, Etnološka monografija* (T. 29). Sarajevo: Glasnik Zemaljskog muzeja Bosne i Hercegovine.
- Katzer, F. (1907). *Die Braunkohlenablagerungen von Ugljevik bei Bieljina*. Wien: Jarbuch d. Mont. Hochschumen Bd, 55.
- Katzer, F. (1910). *FORMATIONSUMRISS-SPEZIALKARTEN BOSNIENS UND DIE HERZEGOWINA, BLATT 2. JANJA, 1:75000*. Wien.

- Kharat, M. G., Kamble, S. J., Raut, R. D., Kamble, S. S., & Dhume, S. M. (2016). Modeling landfill site selection using an integrated fuzzy MCDM approach. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(2), 1-16.
- Kiełczawa, B. (2018). Balneological use of geothermal springs in selected regions of the world. Y J. Bundschuh, & B. Tomaszewska (Yp.), *Geothermal Water Management* (стр. 319-364). CRC Press.
- Köhl, M., Magnussen, S., & Marchetti, M. (2006). *Sampling methods, remote sensing and GIS multiresource forest inventory* (T. 2). Berlin: Springer.
- Kostadinov, S., Braunović, S., Dragičević, S., Zlatić, M., Dragović, N., & Rakonjac, N. (2018). Effects of erosion control works: case study—Grdelica Gorge, the South Morava River (Serbia). *Water*, 10(8), 1094.
- Kovačević, P. (1966). Neki rezultati pedogenetskih istraživanja i izrada pedološke karte Slavonske Posavine u mjerilu 1:50000. *Agronomski glasnik: Glasilo hrvatskog agronomskog društva*, 16(6-7), 395-414.
- Kukrika, M. (2000). *Geografski informacioni sistemi*. Beograd: Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Kumar, N., Yamaç, S. S., & Velmurugan, A. (2015). Applications of remote sensing and GIS in natural resource management. *Journal of the Andaman Science Association*, 20(1), 1-6.
- Kumar, S., & Moore, K. B. (2002). The evolution of global positioning system (GPS) technology. *Journal of science Education and Technology*, 11(1), 59-80.
- Laflen, J. M., Lane, L. J., & Foster, G. R. (1991). WEPP: A new generation of erosion prediction technology. *Journal of soil and water conservation*, 46(1), 34-38.
- Lai, P. (1990). Feasibility of geographic information systems approach for natural resource management. *Environmental management*, 14(1), 73-80. doi:10.1007/bf02394021
- Lang, M., McCarty, G., Oesterling, R., & Yeo, I. Y. (2013). Topographic metrics for improved mapping of forested wetlands. *Wetlands*, 33, 141-155.
- Lazarević, R. (1985a). *Karta erozije SR Bosne i Hercegovine*. Sarajevo, Beograd: Vodoprivreda Sarajevo; Institut za šumarstvo i drvnu industriju Beograd.
- Lazarević, R. (1985b). Novi postupak za određivanje koeficijenta erozije (Z). *Erozija, stručno-informativni bilten*, 13, 53-61.

- Lebedev, Y. V., Anufriev, V. P., & Anufrieva, E. I. (2015). Natural potential and sustainable development of a territory. *Advanced Materials Research*, 1073, 1499-1502.
- Lee, S. K., Mogi, G., & Hui, K. S. (2013). A fuzzy analytic hierarchy process (AHP)/data envelopment analysis (DEA) hybrid model for efficiently allocating energy R&D resources: In the case of energy technologies against high oil prices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 347-355.
- Leipnik, M., Kemp, K., & Loaiciga, H. (1993). Implementation of GIS for water resources planning and management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 119(2), 184-205.
- Lepirica, A. (2013). *Geomorfologija Bosne i Hercegovine*. Sarajevo: Sarajevo Publishing.
- Lepirica, A., Srkalović, Ž., & Srkalović, D. (2019). Geomorphological meso-entity Semberija lowland plain. Belgrade: Serbian society of geomorfologists. Retrieved January 11, 2021, from https://www.researchgate.net/profile/Alen-Lepirica-2/publication/335541033_Abstrakt_Semberijadocx/links/5d6c134292851c8538857c15/Abstrakt-Semberijadocx.pdf
- Leščešen, I., Pantelić, M., Dolinaj, D., Stojanović, V., & Milošević, D. (2015). Statistical Analysis of Water Quality Parameters of the Drina River (West Serbia). *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(2), 555-561.
- Leung, L. C., & Cao, D. (2000). On consistency and ranking of alternatives in fuzzy AHP. *European journal of operational research*, 124(1), 102-113.
- Li, J. (2016). Assessing spatial predictive models in the environmental sciences: Accuracy measures, data variation and variance explained. *Environmental Modelling & Software*, 80, 1–8. doi:10.1016/j.envsoft.2016.02.00
- Liu, Y., Maidment, D., Tarboton, G. D., Zheng, X., Yildirim, A., Sazib, N., & Wang, S. (2016). A CyberGIS approach to generating high-resolution height above nearest drainage (HAND) Raster for national flood mapping. *The Third International Conference on CyberGIS and Geospatial Data Science (CyberGIS'16)*, 1, стр. 26-28. Urbana, Illinois. doi:10.13140/RG.2.2.24234.41925/1
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2005). *Geographic information systems and science*. Chichester, UK: John Wiley & Sons.

- Loukrakpam, C., & Oinam, B. (2021). Linking the past, present and future scenarios of soil erosion modeling in a river basin. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 7(3), 457-472.
- Lovett, A., & Appleton, K. (2008). *GIS for environmental decision-making* (1st ed.). Boca Raton, Florida, USA: CRC Press.
- Lozić, S. (1995). Vertikalna raščlanjenost reljefa kopnenog dijela Republike Hrvatske. *Acta Geografica Croatica*, 30, 17-28.
- Lundgren, B. (1982). What is agroforestry? *Agroforestry systems*, 1(1), 7-12.
- Lundgren, B., & Raintree, J. (1983). Sustained agroforestry. In B. Nestel (Ed.), *Agricultural Research for the Development: Potentials and Challenges in Asia* (pp. 1-26). Jakarta, Indonesia: ISNAR.
- Lješević, M. (2003). *Geografija zemljišta*. Nikšić: Filozofski fakultet Nikšić, Univerzitet Crne Gore.
- Lješević, M., & Živković, D. (2001). *Kartografija*. Beograd: Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu.
- MacEachren, A. M., & Taylor, D. R. (Eds.). (1994). *Visualization in modern cartography* (1st ed., Vol. 2). Pergamon, Elsevier Science.
- Malczewski, J. (2000). On the use of weighted linear combination method in GIS: common and best practice approaches. *Transactions in GIS*, 4(1), 5-22.
- Malczewski, J. (2004). GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. *Progress in Planning*, 62(1), 3-65.
- Mallawaarachchi, T., Walker, P. A., Young, M. D., Smyth, R. E., Lynch, H. S., & Dudgeon, G. (1996). GIS-based integrated modelling systems for natural resource management. *Agricultural Systems*, 50(2), 169-189. doi:10.1016/0308-521x(95)00002-m
- Malý, K. (1908). Prilozi za floru Bosne i Hercegovine. *Glasnik Zemaljskog muzeja u Bosni i Hercegovini*, 20(4), 555-557.
- Marković, J. (1962). Makroplavine u Jugoslaviji. *Zbornik radova VI kongresa geografa FNRJ*, (str. 225-233). Ljubljana.
- Marković, J. (1967). *Reljef Mačve, Šabačke Pocerine i Posavine*. Beograd: Posebno izdanje Geografskog instituta Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u

- Beogradu. Preuzeto mart 21, 2022 sa
<http://sabac.digitalna.biblioteka.rs/web/dokument.php?ID=56>
- Marković, J. (1976). *Priroda Jugoslavije (Tematski i prostorni aspekt)*. Subotica; Beograd: Univerzitet u Beogradu.
- Marković, M. (2001). Zemljišta Republike Srpske, korišćenje, uređenje i zaštita. *Zbornik sažetaka sa naučno-stručnog savjetovanja agronoma Republike Srpske: Poljoprivreda Republike Srpske u novom milenijumu*, (str. 25-26). Teslić.
- Marković, M. (2005). Korišćenje zemljišta u funkciji održive poljoprivrede i zaštite životne sredine. *Zbornik sažetaka sa naučno-stručnog savjetovanja agronoma Republike Srpske "Poljoprivreda Republike Srpske kao sastavni dio evropskih integracionih procesa"*, zbornik sažetaka, (str. 20). Pale.
- Marković, M., & Komljenić, I. (2002). Zemljišni resursi u Republici Srpskoj - korišćenje u funkciji održivog razvoja, sažetak. *Naučno-stručno savjetovanje agronoma RS: Valorizacija resursa za proizvodnju hrane u Republici Srpskoj*, (str. 7-9). Teslić.
- Marković, Z., Milivojević, M., De, B. H., Wessels, W., Van, D. W., Renovica, S., . . . Modrić, K. (2018). Paleontological research on fossil small mammals from the open-pit coal mines of Bosnia and Herzegovina: Overview of results. *Bulletin of the Natural History Museum*, 11, 7-17.
- Maslačak. (2022, novembar 21). *Majevica (Tavna)*. Preuzeto sa
<https://www.wikiloc.com/>:
<https://www.wikiloc.com/wikiloc/user.do?id=1339672>
- Masoudi, M., Centeri, C., Jakab, G., Nel, L., & Mojtahedi, M. (2021). GIS-based multi-criteria and multi-objective evaluation for sustainable land-use planning (Case study: Qaleh Ganj county, Iran)“Landuse Planning Using MCE and Mola”. *International Journal of Environmental Research*, 15(3), 457-474.
- Mateo, J. R. (2012). Weighted Sum Method and Weighted Product Method. In J. R. Mateo, *Multi-Criteria Analysis in the Renewable Energy Industry, Green Energy and Technology* (pp. 19–22). London: Springer-Verlag.
- McCool, D., Renard, K., & Foster, G. (1993). The Revised Universal Soil Loss Equation. *Proc. Int'l. Workshop on Soil Erosion* (pp. 45-59). Moscow: Center for Techn. Transfer and Pollution Prevention, Purdue University.

- McHarg, I. L. (1969). *Design with nature*. New York: American Museum of Natural History.
- McKinney, D. C., & Cai, X. (2002). Linking GIS and water resources management models: an object-oriented method. *Environmental Modelling & Software*, 17(5), 413-425.
- Međunarodna komisija za sliv rijeke Save. (2018). *Plan upravljanja rizicima od polava u slivu rijeke Save*. Zagreb.
- Mekić, F. (1998). *Uzgajanje šuma: ekološki osnovi*. Sarajevo: Šumarski fakultet.
- Mellerowicz, K. T., Rees, H. W., Chow, T. L., & Ghanem, I. (1994). Soil conservation planning at the watershed level using the Universal Soil Loss Equation with GIS and micorocomputer technologies: a case study. *Journal of soil and water conservation*, 49(2), 194-200.
- Mennecke, B. E., & West Jr, L. A. (2001). Geographic Information Systems in developing countries: issues in data collection, implementation and management. *Journal of Global Information Management (JGIM)*, 9(4), 44-54.
- Mercogliano, P., Rianna, G., Reder, A., Raffa, M., Mancini, M., Stojiljkovic, M., . . . van der Schrier, G. (2021). *Extreme precipitation risk indicators for Europe and European cities from 1950 to 2019*. Copernicus Climate Change Service (C3S). doi:10.24381/cds.3a9c4f89
- Mihajlov, N. A. (2010). *Osnove analitičkih isntrumenata u oblasti životne sredine*. Beograd: Fakultet zaštite životne sredine - EDUCONS.
- Mihajlović, D., Ilić, B., & Simonović, Z. (2013). Razvoj održive ekonomije prirodnih resursa u skladu sa ekološkim zahtevima. *Ekonomika: časopis za ekonomsku teoriju i praksu*, 59(4), 10 - 21.
- Mijatović, B., & Vuletić, N. (1973). *Pedološka karta Jugoslavije, Bosna i Hercegovina 1:50000, tla sekcije Bijeljina 4*. Sarajevo: Zavod za agropedologiju.
- Miklós, L., Kočická, E., Izakovičová, Z., Kočický, D., Špinerová, A., Diviaková, A., & Miklósová, V. (2019). *Landscape as a Geosystem*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Milanović, M., & Filipović, D. (2018). Informacioni sistemi u planiranju i zaštiti prostora - Vizuelizacija geoprostornih elemenata. *Zbornik radova Sedmog naučno-stručnog skupa sa međunarodnim učešćem „Lokalna samouprava u planiranju i*

- uređenju prostora i naselja"* (str. 463-470). Trebinje: Asocijacija prostornih planera Srbije; Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Milenić, D., Krunić, O., & Milanković, D. (2012). Thermomineral waters of inner Dinarides Karst. *Acta carsologica*, 41(2-3).
- Milivojević, M. (1995). *Resursi podzemnih pijaćih voda i geotermalni resursi opštine Bijeljina: potencijali i mogućnosti korišćenja*. Beograd: Institut za hidrogeologiju Rudarsko-geološkog fakulteta.
- Milivojević, M., Cvijetić, R., Martinović, M., & Vukelić, S. (1996). *Use of geothermal energy program in the MZ Dvorovi*. Belgrade: Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade.
- Milojević, M., & Perić, J. (1986). Geotermalna potencijalost Mačve, Semberije i Srema. *XI Kongres geologa Jugoslavije. 5*. Beograd: SGD-SITGMSJ.
- Milojević, M., & Perić, J. (1986). *Preliminarna procena energetskog potencijala hidrogeotermalnih resursa u mezozojskoj podlozi tercijarnih sedimenata na području Semberije radi njenog korišćenja za toplifikaciju Bijeljine*. Beograd: Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Milosavljević, M. (1963). *Klimatologija*. Beograd: Univerzitet u Beogradu.
- Milosavljević, N. R. (1973). *Klima Bosne i Hercegovine (doktorska disertacija)*. Sarajevo.
- Miljuš, P. (1961). Rezultati geološkog kartiranja Bosanske Posavine. *Geološki glasnik*, 5, 77-96.
- Mitasova, H., Barton, M., Ullah, I., Hofierka, J., & Harmon, R. S. (2013). GIS-Based Soil Erosion Modeling. Y F. J. Shroder (Yp.), *Treatise on Geomorphology* (T. 3, crp. 228 - 258). Academic Press. doi:10.1016/B978-0-12-374739-6.00052-X
- Moeslund, J. E., Arge, L., Bøcher, P. K., Dalgaard, T., Ejrnæs, R., Odgaard, M. V., & Svenning, J. C. (2013). Topographically controlled soil moisture drives plant diversity patterns within grasslands. *Biodiversity and conservation*, 22, 2151-2166.
- Mojsilović, S., Filipović, I., Avramović, V., Rodin, V., Navala, D., Baklajić, I., & Đoković, I. (1977). *Tumač osnovne geološke karte SFRJ:100000, list Zvornik*. Beograd: Savezni geološki zavod Beograd.

- Mojsilović, S., Filipović, I., Rodin, V., Navala, M., Baklaić, D., & Đoković, I. (1975). *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000, list Zvornik*. Beograd: Savezni geološki zavod Beograd.
- MonMaris. (2017, april 10). *MAJEVICA: Busija i Medjednik*. Preuzeto sa Wikiloc: <https://sr.wikiloc.com/rute-pjesacenje-po-planinama/majevica-busija-i-medjednik-17157026>
- Moore, I. D., & Burch, G. J. (1986). Physical basis of the length-slope factor in the universal soil loss equation. *Soil Science Society of America Journal*, 50(5), 1294-1298.
- Moore, I. D., Turner, A. K., Wilson, J. P., Jenson, S. K., & Band, L. E. (1993). GIS and land-surface-subsurface process modeling. In M. Goodchild, B. Parks, & L. Steyaert (Eds.), *Environmental Modeling with GIS* (pp. 196-230). New York: Oxford University Press.
- Morales Jr, F., & de Vries, W. T. (2021). Establishment of land use suitability mapping criteria using analytic hierarchy process (AHP) with practitioners and beneficiaries. *Land*, 10(3), 235. doi:<https://doi.org/10.3390/land10030235>
- Muñoz, J., & Felicísimo, Á. M. (2004). Comparison of statistical methods commonly used in predictive modelling. *Journal of Vegetation Science*, 15(2), 285-292.
- Murayama, Y., & Thapa, R. B. (2011). Spatial Analysis: Evolution, Methods, and Applications. *GeoJournal Library*, 100, 1–26. doi:10.1007/978-94-007-0671-2_1
- Mykrä, H., Annala, M., Hilli, A., Hotanen, J. P., Hokajärvi, R., Jokikokko, P., . . . Vaso, A. (2023). GIS-based planning of buffer zones for protection of boreal streams and their riparian forests. *Forest Ecology and Management*, 528, 120639.
- Nair, R. (1985). Classification of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 3(2), 97-128. doi:10.1007/bf00122638
- Neale, P., & McGrath, W. (2001). Application of GIS in vegetation management planning—opportunities for landholders in the southern brigalow belt Qld. *First Australian Geospatial Information and Agriculture Conference* (pp. 335-339). Sydney: NSW Agriculture.
- Negese, A., Fekadu, E., & Getnet, H. (2021). Potential Soil Loss Estimation and Erosion-Prone Area Prioritization Using RUSLE, GIS, and Remote Sensing in Chereti

- Watershed, Northeastern Ethiopia. *Air, Soil and Water Research*, 14, 1-17.
doi:10.1177/1178622120985814
- Ngwijabagabo, H., Niyonzima, T., Nyandwi, E., Hirwa, H., Nishyirimbere, A., Mwizerwa, F., . . . Uwera, D. (2021). Spatial suitability analysis and mapping of Agroforestry areas. Case study of Musanze District in Northern Province of Rwanda. *Rwanda Journal of Engineering, Science, Technology and Environment*, 4(1), 1-19.
- Ninković, B. (2021, avgust 17). *Gradani BiH opravdano strahuju da će se ponoviti katastrofalne poplave iz 2014.* Preuzeto sa <https://www.capital.ba/>: <https://www.capital.ba/gradjani-bih-opravdano-strahuju-da-ce-se-ponoviti-katastrofalne-poplave-iz-2014/>
- Nobre, A. D., Cuartas, L. A., Hodnett, M., Rennó, C. D., Rodrigues, G., Silveira, A., . . . Saleska, S. (2011). Height Above the Nearest Drainage—a hydrologically relevant new terrain model. *Journal of Hydrology*, 404(1-2), 13-29.
doi:10.1016/j.jhydrol.2011.03.051
- Nuberg, I., George, B., & Reid, R. (Eds.). (2009). *Agroforestry for natural resource management*. Melbourne, Australia: CSIRO Publishing.
- Nyeko, M. (2012). GIS and multi-criteria decision analysis for land use resource planning. *Journal of Geographic Information System*, 4(4), 341-348.
- Oberle, B., Bringezu, S., Hatfield-Dodds, S., Hellweg, S., Schandl, H., & Clement, J. (2019). *Global resources outlook: 2019*. Paris, France.: International Resource Panel, United Nations Environmental Programme.
- Obratil, S. (1967). Pregled istraživanja ornitofaune Bosne i Hercegovine, I dio. *Glasnik Zemaljskog muzeja Bosne i Hercegovine*, 5, 191-268.
- Orlović, S., Klačnja, B., Galić, Z., & Pilipović, A. (2007). Agroforestry systems as alternative methods of land use. *The 9th International Symposium on Interdisciplinary Regional Research – ISIRR*. Novi Sad, Republic of Serbia.
- Othman, A. N., Naim, W. M., & Noraini, S. (2012). GIS based multi-criteria decision making for landslide hazard zonation. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 35, 595-602.
- Otorepec, S. (1991). *Agrometeorologija*. Beograd: Naučna knjiga.

- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Alewell, C., Lugato, E., & Montanarella, L. (2015a). Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale. *Land use policy*, 48, 38-50. doi:10.1016/j.landusepol.2015.05.021
- Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., . . . Alewell, C. (2015b). The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science & Policy*, 54, 438–447. doi:10.1016/j.envsci.2015.08.01
- Panagos, P., Meusburger, K., Ballabio, C., Borrelli, P., & Alewell, C. (2014). Soil erodibility in Europe: A high-resolution dataset based on LUCAS. *Science of the total environment*, 479-480, 189-200. doi:10.1016/j.scitotenv.2014.02.010
- Panizza, M. (2001). Geomorphosites: Concepts, methods and examples of geomorphological survey. *Chinese Science Bulletin*, 46(S1), 4-5. doi:10.1007/bf03187227
- Penzar, I., & Penzar, B. (1985). *Agroklimatologija*. Zagreb: Školska knjiga.
- Pereira, P., Pereira, D., & Caetano Alves, M. I. (2007). Geomorphosite assessment in Montesinho natural park (Portugal). *Geographica Helvetica*, 62(3), 159-168.
- Peterson, L. K., Bergen, K. M., Brown, D. G., Vashchuk, L., & Blam, Y. (2009). Forested land-cover patterns and trends over changing forest management eras in the Siberian Baikal region. *Forest Ecology and Management*, 257(3), 911–922. doi:10.1016/j.foreco
- Petković, K. (1958). Neue Erkenntnisse über den Bau der Dinariden. *Jahrbuch der geologischen Bundesanstalt*, 101(1), 1-24. Retrieved March 25, 2022, from https://www.zobodat.at/pdf/JbGeolReichsanst_101_0001-0024.pdf
- Petković, S., Dragović, N., & Marković, S. (1999). Erosion and sedimentation problems in Serbia. *Hydrological Sciences Journal*, 44(1), 63-77. doi:10.1080/02626669909492203
- Pitt, D. G., Runesson, U., & Bell, F. W. (2000). Application of large-and medium-scale aerial photographs to forest vegetation management: a case study. *The Forestry Chronicle*, 76(6), 903-913.
- Pitt, D. G., Wagner, R. G., Hall, R. J., King, D. J., Leckie, D. G., & Runesson, U. (1997). Use of remote sensing for forest vegetation management: a problem analysis. *The Forestry Chronicle*, 73(4), 459-477.

- Plavšić, J., Vladiković, D., & Despotović, J. (2014). Hidrometeorološki aspekti poplava u maju 2014. na slivu reke Save u Srbiji . *Voda i sanitarna tehnika*, 44(5-6), 21-34.
- Pokrajac, D. (1999). Interrelation of wastewater and groundwater management in the city of Bijeljina in Bosnia. *Urban Water*, 1(3), 243–255. doi:10.1016/s1462-0758(00)00015-7
- Pourali, S. H., Arrowsmith, C., Chrisman, N., Matkan, A. A., & Mitchell, D. (2014). Topography Wetness Index Application in Flood-Risk-Based Land Use Planning. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 9(1), 39-54.
- Prohaska, S. (2013). Water Resources in Danube River Basin. U P. L., V. M., & K. Đ. (Upr.), *Resources of Danubian Region: The Possibility of Cooperation and Utilization* (стр. 285-294). Belgrade, Republic of Serbia: Humboldt-Club Serbien.
- Prohaska, S., & ilić, A. (2016). Koincidencija velikih voda Save i Drine. *Hrvatske vode*, 24(95), 1-18.
- Prohaska, S., Simić, Z., Orlić, A., & Ristić, B. (2004). Osnovne hidrografsko-hidrološke karakteristike sliva Drine i hidrometeorološki podaci. *Vodoprivreda*, 36(207-208), 21-38.
- Rahaman, S. A., Ajeez, S. A., Aruchamy, S., & Jegankumar, R. (2015). Prioritization of sub watershed based on morphometric characteristics using fuzzy analytical hierarchy process and geographical information system – A study of Kallar Watershed, Tamil Nadu. *Aquatic Procedia*, 4, 1322-1330.
- Rajić, M., & Zemunac, R. (2017). Poređenje različitih metoda za ocenu suše na području Južne Bačke. *Letopis naučnih radova*, 42(1), 68-76.
- Ralphs, M. P., & Wyatt, P. (2003). *GIS in land and property management*. London, New York: Taylor & Francis.
- Rawat, K. S., & Singh, S. K. (2018). Appraisal of soil conservation capacity using NDVI model-based C factor of RUSLE model for a semi arid ungauged watershed: a case study. *Water Conservation Science and Engineering*, 3(1), 47-58. doi:10.1007/s41101-018-0042-x
- Reddy, G. P. (2018). Geographic Information System: Principles and Applications. In G. Reddy, & S. Singh (Eds.), *Geospatial Technologies in Land Resources Mapping*,

- Monitoring and Management. Geotechnologies and the Environment* (Vol. 28, pp. 45-62). Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-319-78711-4_3
- Redžić, S., Barudanović, S., & Radević, S. (2008). *Bosna i Hercegovina - zemlja raznolikosti: pregled i stanje biološke i pejzažne raznolikosti Bosne i Hercegovine: prvi izvještaj Bosne i Hercegovine za konvenciju o biološkoj raznolikosti*. Sarajevo: Federalno ministarstvo okoliša i turizma.
- Reid, W. V. (2005). *Millennium ecosystem assessment: Ecosystems and human well-being* (Vol. 5). Washington, DC: Island press. Retrieved from <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Reiser, O. (1905). *Ornis Balcanica*. Wien: Kommission bei C. Gerold's Sohn.
- Renard, K. G., & Freimund, J. R. (1994). Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *Journal of hydrology*, 287 - 306.
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K., & Yoder, D. C. (1997). *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. Agriculture Handbook 703. Washington, DC: US Department of Agriculture.
- Renard, K., Foster, G., Yoder, D., & D.K., M. (1994). RUSLE revisited: Status, questions, answers, and the future. *J. Soil and Water Conservation*, 49(3), 213-220.
- Rennó, C. D., Nobre, A. D., Cuartas, L. A., Soares, J. V., Hodnett, M. G., & Tomasella, J. (2008). HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. *Remote Sensing of Environment*, 112(9), 3469-3481.
- Rentschler, J., & Salhab, M. (2020). *People in harm's way: Flood exposure and poverty in 189 countries*. The World Bank. Retrieved February 12, 2023, from <https://documents1.worldbank.org/curated/en/669141603288540994/pdf/People-in-Harms-Way-Flood-Exposure-and-Poverty-in-189-Countries.pdf>
- Resulović, H. (1997). *Pedologija sa geologijom*. Sarajevo: Sarajevo Publishing.
- Reynard, E., Fontana, G., Kozlik, L., & Scapozza, C. (2007). A method for assessing the scientific and additional values of geomorphosites. *Geographica Helvetica*, 62(3), 148–158.
- RHMZ Banja Luka. (2022). *Meteorološki podaci 1997-2021, arhiva RHMZ Banja Luka*. Banja Luka: Republički hidrometeorološki zavod Banja Luka.

- Ristić, R., Kadović, R., Letić, L., Djeković, V., & Nikić, Z. (2004). Agroforestry in the region of Stara Planina. *Proceedings of an international scientific conference marking 75 years of the Forest Research Institute of the Bulgarian Academy of Sciences. 1*, pp. 232-236. Sofia, Bulgaria: Forest Research Institute.
- Romano, G., Dal Sasso, P., Liuzzi, G. T., & Gentile, F. (2015). Multi-criteria decision analysis for land suitability mapping in a rural area of Southern Italy. *Land use policy*, 48, 131-143.
- Rover, S., & Tomic, M. (2018). Potentials and obstruction for the development of rural tourism of the Republic of Srpska. *KNOWLEDGE-International Journal*, 28(6), 2179-2184.
- RZZZ KIPN. (2020, jun 21). *Zaštićeno stanište Gromiželj*. Preuzeto sa <http://e-priroda.rs.ba>: <http://e-priroda.rs.ba/en/protectedsites/details/12/zasticenostaniste-gromizelj/>
- Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process — what it is and how it is used. *Mathematical modelling*, 9(3 - 5), 161-176.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York, USA: McGraw - Hill.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1), 83-98.
- Sadeghi, S. H., Gholami, L., Khaledi Darvishan, A., & Saeidi, P. (2014). A review of the application of the MUSLE model worldwide. *Hydrological Sciences Journal*, 59(2), 365-375.
- Savez geografskih društava. (1992). *Geomorfološka karta SFRJ, isječak BiH, 1:500000*. Beograd: Geokarta.
- Schmid, S., Bernoulli, D., Fügenschuh, B., M. L., Schefer, S., Schuster, R., . . . Ustaszewski, K. (2008). The Alpine–Carpathian–Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. *Swiss Journal of Geoscience*, 101, 139-183.
- Schmoltdt, L., Kangas, J., Mendoza, A. G., & Pesonen, M. (Eds.). (2001). *The analytic hierarchy process in natural resource and environmental decision making* (Vol. 3). Springer Dordrecht. doi:10.1007/978-94-015-9799-9

- Schultz, D., Isenhardt, T., & Long, L. (2018). Riparian and Upland Forest Buffers. In *Training Manual for Applied Agroforestry Practices 2018* (pp. 67-91). New York: Center for Agroforestry University of Missouri.
- SEECO. (2020). *Заштићено станиште Громижељ - план управљања*. Бијељина: Удружење за заштиту флоре и фауне “Громижељ“.
- Sembarijainfo. (2021, maj 29). *Idealno mjesto za predah od vrućeg asfalta, a u srcu Semberije, nadomak grada: Zanima li ikoga Švapska ada?* Preuzeto sa Semberija.info: <https://seemberija.info/lat/news/nase-price/-/16442.idealno-mjesto-za-predah-od-vrueceg-asfalta,-a-u-srcu-seemberije,-nadomak-grada-zanima-li-ikoga-svapska-ada.html>
- Semberske novine/Semberija info. (2021, maj 29). *Semberijainfo*. Preuzeto sa <https://seemberija.info/lat/news/nase-price/-/16442.idealno-mjesto-za-predah-od-vrueceg-asfalta,-a-u-srcu-seemberije,-nadomak-grada-zanima-li-ikoga-svapska-ada.html>
- Sharma, P., Bhardwaj, D. R., Singh, M. K., Nigam, R., Pala, N. A., Kumar, A., . . . Thakur, P. (2022). Geospatial technology in agroforestry: Status, prospects, and constraints. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-29.
- Sharples, C. (1993). *A Methodology for the Identification of Significant Landforms and Geological Sites for Geoconservation Purposes*. The Forestry Commission Tasmania.
- Shellito, A. B. (2020). *Introduction to geospatial technologies* (5th ed.). New York: Macmillan Learning.
- SHMZ. (1961-1990). *Meteorološki godišnjak I (1961-1990)*. Beograd: Savezni hidrometeorološki zavod. Preuzeto jul 15, 2022 sa https://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija_godisnjaci.php
- SHMZ. (1963-1990). *Hidrološki godišnjak Jugoslavije 1961-1986*. Beograd: Savezni hidrometeorološki zavod. Preuzeto jun 3, 2022 sa <https://www.fhmzbih.gov.ba/latinica/HIDRO/godisnjaci.php>
- Shupeng, C. (1987). Geographical data handling and GIS in China. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1(3), 219–228. doi:10.1080/02693798708927809

- Silverman, B. W. (1998). *Density estimation for statistics and data analysis*. CHAPMAN & HALL/CRC.
- Smith, S. J., Williams, J. R., Menzel, R. G., & Coleman, G. A. (1984). Prediction of sediment yield from southern plains grasslands with the modified universal soil loss equation. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 37(4), 295-297.
- Sommerwerk, N., Hein, T., Schneider-Jacoby, M., Baumgartner, C., Ostojić, A., Siber, R., & Tockner, K. (2022). *The Danube River Basin* (second edition ed.). (C. Z. Klement Tockner, Ed.) Elsevier.
- Sörensen, R., Zinko, U., & Seibert, J. (2006). On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observations. *Hydrology and Earth System Sciences*, 10(1), 101-112.
- Souissi, D., Zouhri, L., Hammami, S., Msaddek, M. H., Zghibi, A., & Dlala, M. (2020). GIS-based MCDM–AHP modeling for flood susceptibility mapping of arid areas, southeastern Tunisia. *Geocarto International*, 35(9), 991-1017.
- Soulis, K. X. (2021). Soil conservation service curve number (SCS-CN) Method: Current applications, remaining challenges, and future perspectives. *Water*, 13(2), 192.
- Spasojević, M. (1987). Valorizacija prirodnih bogatstava u geografiji. *Hrvatski geografski glasnik*, 49(1), 83-87. Preuzeto sa <https://hrcak.srce.hr/file/59049>
- Srebrenović, D. (1986). *Primijenjena hidrologija*. Zagreb: Tehnička knjiga.
- Srinivasan, R., & Arnold, J. G. (1994). Integration of basin-scale water quality model with GIS 1 . *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 30(3), 453-462.
- Stadtherr, L., Coumou, D., Petoukhov, V., Petri, S., & Rahmstorf, S. (2016). Record Balkan floods of 2014 linked to planetary wave resonance. *Science Advances*, 2(4), e1501428. doi:10.1126/sciadv.1501428
- Stahlschmidt, P., Swaffield, S., Primdahl, J., & Nellesmann, V. (2017). *Landscape Analysis: Investigating the potentials of space and place*. New York: Routledge.
- Stanković, M. (2014/16). Ukupni pregled ornitofaune posebnog rezervata prirode Gromiželj (Velino Selo, Bijeljina). *Bilten mreže posmatrača ptica u Bosni i Hercegovini*, 10-12, 38-55. Preuzeto februar 4, 2022 sa <https://ptice.ba/wp-content/uploads/2018/04/Na%C5%A1e-ptice-Bilten-10-12.pdf>

- Stefanović, M., Gavrilović, Z., & Bajčetić, R. (2014). *Lokalna zajednica i problematika bujičnih poplava*. Beograd: Organizacija za evropsku bezbednost i saradnju, Misija u Srbiji.
- Stefanović, V., Beus, V., Burlica, Č., Dizdarević, H., & Vukorep, I. (1983). Ekološko-vegetacijska rejonizacija Bosne i Hercegovine. *Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu*, 17(1), 1-83.
- Steinitz, C., Murray, T., Sinton, D., & Way, D. (1969). *A comparative study of resource analysis methods..* Cambridge: Harvard University Mass Department of landscape architecture.
- Stevanović, P. (1982). *Istorijska geologija - kenozoik*. Beograd: Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Stojnić, S., Orlović, S., Katanić, M., & Vasić, V. (2010). Mogućnost primene azotofiksatora u šumskim ekosistemima. *Topola*, 185/186, 97-112.
- Strahler, A. N. (1952). Dynamic basis of geomorphology. *Geological Society of America Bulletin*, 63, 923–938.
- Sudar, T., M., T., Stanić, M., Dašić, T., Sudar, N., Hrkalović, U., . . . Đorđević, B. (2020). Hidrotehničke osnove održivog razvoja irigacionih sistema u Republici Srpskoj. *Vodoprivreda*, 52(306-308), 201-214.
- Sui, D. Z., & Maggio, R. C. (1999). Integrating GIS with hydrological modeling: practices, problems, and prospects. *Computers, environment and urban systems*, 23(1), 33-51.
- Sumathi, V. R., Natesan, U., & Sarkar, C. (2008). GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill. *Waste management*, 28(11), 2146-2160.
- Svetska banka. (2015). *Podrška upravljanju vodnim resursima u slivu reke Drine*. COWI AS;Stucky Limited;Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi. Preuzeto januar 18, 2022 sa <https://www.wb-drinaproject.com/>
- Šafar, J. (1963). *Uzgajanje šuma*. Zagreb: Savez šumarskih društava Hrvatske.
- Šilić, Č. (1990). *Atlas drveća i grmlja* (T. 4). Sarajevo: Svjetlost.
- Škorić, A., Filipovski, G., & Ćirić, M. (1985). *Klasifikacija zemljišta Jugoslavije*. Sarajevo: Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine.

- Štrbac, M., Manojlović, M., Čabilovski, R., Petković, K., Kovačević, D., & Pilipović, A. (2022). Drvenaste biljke u fitoremedijaciji zagađenja poloprivrednog zemljišta nitratima i pesticidima. *Topola*, 210, 73-87.
- Šumatić, N. (1997). *Korovska flora i vegetacija Panonskog basena Republike Srpske*. Banja Luka: Prirodno-matematički fakultet.
- Šušnjar, S., Golijanin, J., Pecelj, M., Lukić Tanović, M., & Valjarević, A. (2022). Environmental Suitability of the City of East Sarajevo for the Location of Municipal Solid Waste Disposal Site Using a GIS Based Multi-Criteria Analysis. *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(1), 857-870.
- Takšić, A. (1947). Prilog poznavanju prapora Istočne Hrvatske. *Geološki vjesnik*, 1, 202-231. Preuzeto sa http://31.147.204.208/clanci/1947_Taksic_13.pdf
- Tate, E., & Maidment, D. (1999). *Floodplain mapping using HEC-RAS and ArcView GIS*. Austin: University of Texas at Austin, Center For Research in Water Resources.
- Temiz, N., & Tecim, V. (2009). The use of GIS and multi-criteria decision-making as a decision tool in forestry. *OR Insight*, 22(2), 105-123.
- Tolga, E., Demircan, M. L., & Kahraman, C. (2005). Operating system selection using fuzzy replacement analysis and analytic hierarchy process. *International journal of production Economics*, 97(1), 89-117.
- Tomer, M. D., Dosskey, M. G., Burkart, M. R., James, D. E., Helmers, M. J., & Eisenhauer, D. E. (2009). Methods to prioritize placement of riparian buffers for improved water quality. *Agroforestry Systems*, 75, 14-25.
- Tomlinson, R. F. (1962). An introduction to the use of electronic computers in the storage, compilation and assessment of natural and economic data for the evaluation of marginal lands. *National Land Capability Inventory Seminar* (pp. 1-9). Ottawa, Canada: Agricultural Rehabilitation and Development Administration of the Canada Department of Agriculture. Retrieved April 11, 2022, from <https://gisandscience.files.wordpress.com/2012/08/4-computermapping.pdf>
- Tomlinson, R. F. (1967). *An introduction to the Geographic information system of the Canada Land Inventory*. Ottawa, Canada: Department of forestry and rural development.
- Tomlinson, R. F. (1974). *Geographical Information Systems, Spatial Data Analysis and Decision Making in Government. Doctoral thesis*. London: University of London.

- Tomlinson, R. F. (1987). Current and potential uses of geographical information systems The North American experience. *International journal of geographical information system*, 1(3), 203-218.
- Tomlinson, R. F. (1988). The impact of the transition from analogue to digital cartographic representation. *The American Cartographer*, 15(3), 249-262.
- Tomlinson, R. F., & Boyle, A. R. (1981). The State of development of systems for handling natural resources inventory data. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 18(4), 65-95.
- Tomlinson, R. F., Calkins, H. W., & Marble, D. F. (1976). *Computer handling of geographical data XIII*. Paris: UNESCO Press.
- Topuz, M., & Deniz, M. (2023). Application of GIS and AHP for land use suitability analysis: case of Demirci district (Turkey). *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1), 1-15.
- Torres, F. M., & Tommaselli, A. M. (2018). A Lightweight UAV-based laser scanning system for forest application. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 24, 318-334.
- Tošić, R., & Dragičević, S. (2012). Methodology update for determination of the erosion coefficient (Z). *Bulletin of the Serbian geographical society*, 92(1), 11-26.
- Tošić, R., Kapović, M., Lovrić, N., & Dragičević, S. (2013). Assessment of soil erosion potential using RUSLE and GIS: A case study of Bosnia and Herzegovina. *Fresenius Environmental Bulletin*, 22(11a), 3415-3423.
- Triantaphyllou, E., & Mann, S. H. (1995). Using the analytic hierarchy process for decision making in engineering applications: some challenges. *International journal of industrial engineering: applications and practice*, 2(1), 35-44.
- Tsiaras, S., & Domakinis, C. (2023). Use of GIS in Selecting Suitable Tree Crop Cultivation Sites in Mountainous Less Favoured Areas: An Example from Greece. *Forests*, 14(6), 1210.
- Tsihrintzis, V. A., Hamid, R., & Fuentes, H. R. (1996). Use of geographic information systems (GIS) in water resources: a review. *Water resources management*, 10(4), 251-277.
- Turistička organizacija Ugljevik. (2023, februar 21). *Šuplja stijena*. Preuzeto sa Visitugljevik:
<https://www.visitugljevik.com/destinacija?pregled=55&kategorija=4>

- Turnšek, M., & Paunovuić, A. (2002). Glavne strateške odrednice vodnog resursa Save. *Hrvatske vode—časopis za vodno gospodarstvo*, 10, 397-408.
- UN. (1992). *Agenda 21*. Rio de Janeiro: United Nations Conference on Environment & Development.
- UN. (2004a). *Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives*. New York; Geneva: United Nations.
- UN. (2004b). *Terminology on Disaster Risk Reduction*. Geneva, Switzerland: United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR).
- UN. (2009). *UNISDR terminology on disaster risk reduction*. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
- UN Office for Disaster Risk Reduction. (2008). *South Eastern Europe Disaster Risk Mitigation and Adaptation Initiative: risk assessment for South Eastern Europe : desk study review*. New York ; Geneva: UN. Retrieved February 15, 2023, from <https://digitallibrary.un.org/record/620478>
- USDA. (1954). *SCS National Engineering Handbook, Section 5: Hydraulics*. USDA, Soil Conservation Service.
- USDA. (2002). Land Use and Treatment. *Y National Engineering Handbook - Part 630 Hydrology*. USDA Natural Resources Conseravtion Service.
- USDA. (2004). Hydrologic Soil-Cover Complexes. *Y National Engineering Handbook - Part 630 Hydrology*. USDA Natural Resources Conservation Services.
- USDA. (2009). Hydrologic Soil Groups. *Y National Engineering Handbook - Part 630 Hidrology*. USDA Natural Resource Conservation Service.
- Valjarević, A., Živković, D., Valjarević, D., Stevanović, V., & Golijanin, J. (2014). GIS analysis of land cover changes on the territory of the Prokuplje municipality. *The scientific world journal*, 2014, 1-9.
- Van der Knijff, J. M., Jones, R. J., & Montanarella, L. (1999). *Soil erosion risk assessment in Italy*. Brussels, Belgium: European Soil Bureau, European Commission.
- Van der Knijff, J., Jones, R. J., & Montanarella, L. (2000). *Soil erosion risk assessment in Europe*. European Commission: European Soil Bureau.
- Van Laarhoven, P. J., & Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy sets and Systems*, 11(1 - 3), 229-241.

- Velašević, V. (1989). *Šuma i životna sredina*. Beograd: Savez inženjera i tehničara šumarstva i industrije za preradu drveta Jugoslavije.
- VGI. (1975-1976). *Topografska karta 1:25000, list 426 Tuzla*. Beograd: Vojnogeografski institut.
- VGI. (1976-1977). *Topografska karta 1:25000, list 427 Bijeljina*. Beograd: Vojnogeografski institut.
- VGI. (1979-1981). *Topografska karta SFR Jugoslavije 1 : 200000, 4519 Tuzla*. Beograd: Vojnogeografski institut.
- Vikrant, K. K., Chauhan, D. S., Rizvi, R. H., & Maurya, A. (2018). Mapping the extent of agroforestry area in different altitudes of Tehri district, North Western Himalaya, India through GIS and remote sensing data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 46, 1471-1480.
- Vrhovčić, J., & Mojićević, M. (1984). *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000, list Bijeljina*. Beograd: Savezni geološki zavod Beograd.
- Vrhovčić, J., Buzaljko, R., & Mojićević, M. (1986). *Tumač osnovne geološke karte SFRJ 1:100000, list Bijeljina*. Beograd: Savezni geološki zavod Beograd.
- Vrlec, Ž. (1972). *Pedološka karta Jugoslavije, Bosna i Hercegovina, 1:50000 tla sekcije BIjeljina 3*. Sarajevo: Zavod za agropedologiju.
- Vujičić, M. D., Vasiljević, D. A., Marković, S. B., Hose, T. A., Lukić, T., Hadžić, O., & Janićević, S. (2011). Preliminary geosite assessment model (GAM) and its application on Fruška gora mountain, potential geotourism destination in Serbia. *Acta Geographica Slovenica*, 51(2), 361-376.
- Vukadinović, V., & Vukadinović, V. (2018). *Zemljišni resursi - Vrednovanje poljoprivrednih zemljišnih resursa*. Osijek: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.
- Waters, N. (2017). GIS: History. In D. Richardson, N. Castree, F. M. Goodchild, A. Kobayashi, W. Liu, & A. R. Marston (Eds.), *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology* (pp. 1-12). John Wiley & Sons.
- Wilkinson, A. G. (1999). Poplars and willows for soil erosion control in New Zealand. *Biomass and Bioenergy*, 16(4), 263-274.

- Williams, J. R. (1982). Testing the Modified Universal Soil Loss Equation [Runoff energy factor, small watersheds, Texas, Nebraska]. *Proceedings of the Workshop on Estimating Erosion and Sediment Yield on Rangelands* (pp. 157-165). Tucson: U. S. Agricultural Research Service.
- Williams, J., & Berndt, H. (1978). *Sediment yield prediction based on watershed hydrology*. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture.
- Wing, M. G., & Bettinger, P. (2008). *Geographic information systems: Applications in natural resource management*. Toronto: Oxford University Press Canada.
- Winzeler, H. E., Owens, P. R., Read, Q. D., Libohova, Z., Ashworth, A., & Sauer, T. (2022). Topographic Wetness Index as a proxy for soil moisture in a hillslope catena: flow algorithms and map generalization. *Land*, *11*(11), 2018.
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. Washington DC: United States Department of Agriculture.
- Wischmeier, W., & Smith, D. (1965). *USDA Agriculture Handbook 282*. Washington DC: US Department of Agriculture.
- Woodcock, C. E., Sham, C. H., & Shaw, B. (1990). Comments on selecting a geographic information system for environmental management. *Environmental Management*, *14*(3), 307-315.
- Woody, P. (1988). Agroforestry and Decision-making in Rural Development. *Forest Ecology and Management*, *24*(3), 191-201.
- Yayla, A. Y., Oztekin, A., Gumus, A. T., & Gunasekaran, A. (2015). A hybrid data analytic methodology for 3PL transportation provider evaluation using fuzzy multi-criteria decision making. *International Journal of Production Research*, *53*(20), 6097-6113. doi:10.1080/00207543.2015.1022266
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, *8*(3), 338-353. doi:10.1016/s0019-9958(65)90241-x
- Zahedi, F. (1986). The analytic hierarchy process - a survey of the method and its applications. *Interfaces*, *16*(4), 96-108.
- Zanaga, D., Van De Kerchove, R., Daems, D., De Keersmaecker, W., Brockmann, C., Kirches, G., . . . Arino, O. (2022, October 28). ESA WorldCover 10 m 2021 v200. doi:10.5281/zenodo.7254221

- Zavod za agropedologiju. (1972-1973). Pedološka karta Jugoslavije, SR Bosna i Hercegovina 1:50000, digitalizovani isječak. Sarajevo, Bosna i Hercegovina: Zavod za agropedologiju Sarajevo.
- Zhang, Y., Degroote, J., Wolter, C., & Sugumaran, R. (2009). Integration of modified universal soil loss equation (MUSLE) into a GIS framework to assess soil erosion risk. *Land Degradation & Development*, 20(1), 84-91.
- Zhao, P., Xia, B., Hu, Y., & Yang, Y. (2013). A spatial multi-criteria planning scheme for evaluating riparian buffer restoration priorities. *Ecological Engineering*, 54, 155-164.
- Zhu, X. (2016). *GIS for Environmental Applications: A practical approach* (1st изд.). London: Routledge. doi:10.4324/9780203383124
- Zimmermann, W. E. (1933). *World Resources and Industries: A Functional Appraisal of the Availability of Agricultural and Industrial Resources*. New York ; London: Harper & Brothers.
- Zimmermann, W. E. (1951). *World Resources and Industries*. New York.
- Zope, M., Kalsekar, N., Chhatwani, P., & Mane, V. (2021). GIS Approach to Determine Suitability of Trees for Afforestation. *International Journal of Innovative Research in Computer Science & Technology (IJRCST)*, 9(3), 21-26.
- Zvanična internet prezentacija Grad Bijeljina. (2020, jun 10). *Grad Bijeljina pomaže čišćenje Gromiželja*. Preuzeto sa <https://www.gradbijeljina.org>: <https://www.gradbijeljina.org/lat/news/novosti//3517.grad-bijeljina-pomaze-ciscenje-gromizelja.html>
- Zwoliński, Z., Najwer, A., & Giardino, M. (2018). Methods for assessing geodiversity. In E. Reynard, & J. Brilha (Eds.), *Geoheritage. Assessment, Protection and Management* (pp. 27-52). Elsevier.
- Živanović Miljković, J., & Crnčević, T. (2019). Multifunctional urban agriculture and agroforestry for sustainable land use planning in the context of climate change in Serbia. *Climate Change-Resilient Agriculture and Agroforestry: Ecosystem Services and Sustainability*, 197-213.

- Амовић, С., Васиљевић, С., & Вишњић, Р. (2015). ГИС у предвиђању поплава подручја Града Бијелине. *Четврти међународни конгрес "Инжењерство,*

- екологија и материјали у процесној индустрији".* Пале: Технолошки факултет Универзитета у Источном Сарајеву.
- Бајић, Д., & Трбић, Г. (2016). *Климатски атлас Босне и Херцеговине*. Бања Лука: Природно-математички факултет Универзитета у Бањој Луци. Преузето са http://www.unfccc.ba/klimatski_atlas/klimatski_atlas.pdf
- Белић, М., Нешић, Ј., Ћирић, В., Бенка, П., & Радовановић, Д. (2019). *Утврђивање осетљивости земљишта на територији Градова Лозница и Ваљево и општина Мионица, Лајковац и Коцелјева на процес ацидификације у Републици Србији, са мерама побољшања стања*. Нови Сад: Министарство заштите животне средине Републике Србије .
- Воде Српске. (2017). *План управљања обласним ријечним сливом (дистриктом) ријеке Саве у Републике Српске*. Бијељина: Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Српске. Преузето фебруар 23, 2022
- Воде Српске. (2021, јануар). Републички водни информациони систем. Управљање ризицима од поплава. Бијељина, Република Српска, Босна и Херцеговина. Преузето јануар 17, 2023 са Јавна Установа Воде Српске: https://rvisportal.voders.org/RBM_FRM_ETW/GIS_FRM/
- Воде Српске. (2022, септембар 1). Водни катастри. Бијељина, Република Српска, БиХ. Преузето септембар 5, 2022 са <https://rvisportal.voders.org/VodniKatastri/GIS/>
- Вујевић, П. (1956). *Климатолошка статистика*. Београд: Универзитет у Београду.
- Геозавод. (2011). *Минералне сировине Републике Српске*. Зворник: Министарство индустрије, енергетике и рударства; Републички завод за геолошка истраживања.
- Гњато, Р., Трбић, Г., Маринковић, Д., Гњато, О., & Лојовић, М. (2005). *Република Српска: туристички потенцијали*. Источно Сарајево: Завод за уџбенике и наставна средства.
- Грубих, А., Цвијић, Р., & Милошевић, А. (2010). Минералне сировине Републике Српске. *Рударство у будућности Републике Српске* (стр. 1-18). Приједор: Рударски факултет Приједор.
- Дирекција за изградњу и развој града Бијељина. (2018). *Просторни план Града Бијељина 2019-2038*. Бијељина: Град Бијељина.

- Драгићевић, С., & Филиповић, Д. (2009). *Природни услови и непогоде у планирању и заштити простора*. Београд: Географски факултет Универзитета у Београду.
- Дукић, Д. (1976). *Климатологија са основама метеорологије* (треће изд.). Београд: Универзитет у Београду.
- Ђорђевић, Б., Судар, Н., Хркаловић, У., & Кнежевић, Б. (2013). Стратегија интегралног управљања водама Републике Српске. *Водопривреда*, 45(2013), 41-54.
- Ђурић, Д. (2021). Утицај урбанизације Града Бијељина на термални комфор становништва. *Зборник радова Грађевинског факултета*, 39, 45-53. doi:10.14415/zbornikGFS39.04
- Жупански, Д. (2015). *Развој методологије за одређивање зона заштите од површинског наноса на експерименталним деоницама слива реке Дрине. Докторска дисертација*. Београд: Универзитет у Београду.
- Завод за водопривреду. (2008). *Студија одрживог развоја иригационих површина на простору Републике Српске - сажетак*. Бијељина: Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Српске.
- Завод за водопривреду. (2015). *Стратегија Интегралног Управљања Водама Републике Српске 2015-2024*. Бања Лука: Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Српске.
- Институт за грађевинарство - ИГ. (2013). *Просторни план подручја посебне намјене Национални Парк Козара 2011-2031*. Бања Лука: Министарство за просторно уређење, грађевинарство и екологију.
- Институт за заштиту и екологију Републике Српске. (2018). *Локални еколошки акциони план за град Бијељину за период 2018-2028*. Бања Лука.
- Јовановић, В. (1982). Речна мрежа Шумадије. *Зборник радова Географског института Јован Цвијић*, 34, 93-107.
- Јовановић, Ј. М., & Живковић, Д. (2020). Картографски метод у контексту геовизуелизације. *Зборник радова научног скупа "Наука и стварност"*, 14, стр. 421-434. Пале: Филозофски факултет Универзитета у Источном Сарајеву.

- Јовановић, П. С. (1953). Епигенетске особине слива и долине Топчидерске реке. *Глас ССХИИ Српске академије наука и уметности*(6), 73-109.
- Јовановић, С. П. (1933). *Прегледна геоморфолошка карта Краљевине Југославије*. Београд: Државна штампарија Краљевине Југославије.
- Јоловић, Б., Главаш, С., & Тохол, Н. (2016). *Карта термалних, минералних и термоминералних вода Републике Српске, 1:300000*. Зворник: Републички завод за геолошка истраживања.
- Јоловић, Б., Тохол, Н., & Главаш, С. (2016). *Хидрогеолошка карта Републике Српске, 1:300000*. Зворник: Републички завод за геолошка истраживања.
- Југословенско друштво за проучавање земљишта. (1961). *Коментар педолошке карте 1:1000000*. (Ж. Тешић, Ур.) Београд: Југословенско друштво за проучавање земљишта.
- Каповић Соломун, М., & Марковић, М. (2022). *Земљишта Републике Српске*. Бања Лука: Шумарски факултет Универзитета у Бања Луци.
- Каповић, М., Кнежевић, М., & Благојевић, В. (2011). Својства и варијабилност дистричног камбисола у посавском шумско-привредном подручју. *Гласник Шумарског факултета, 104*, 71-80.
- Кацер, Ф. (1926). *Геологија Босне и Херцеговине*. Сарајево: Дирекција државних рударских предузећа у Сарајеву.
- Лазаревић, Р. (1997). Карта ерозије бивше СР БиХ. *Гласник географског друштва Републике Српске, 2*, 13-29.
- Ласкарев, В. (1951). *О стратиграфији квартарних наслага Војводине* (Т. 19). Београд: Геолошки анали Балканског полуострва.
- Лукић, С. (2012). *Бијељина и околина кроз вијекове*. Бијељина: СПКД Просвјета.
- Љешевић, М. (2005). *Животна средина I - теорија и методологија истраживања*. Београд: Географски факултет, Универзитет у Београду.
- Љешевић, М. (2010). *Животна средина - теорија и методологија истраживања*. Београд: Факултет за примењену екологију ФУТУРА, Универзитет Сингидунум, НВО ЕКОРИЗИК.
- Љешевић, М., & Милановић, М. (2009). Вредновање природних фактора у урбаном планирању и програмима развоја локалних заједница. *Гласник Српског географског друштва, 89*(3), 51-58.

- Љешевић, М., Мркша, М., & Милановић, М. (2011). Еколошки аспекти планирања руралног развоја. *Гласник СГД*, 33-50.
- Манојловић, П., & Драгићевић, С. (2021). *Практикум из геоморфологије*. Београд: Географски факултет Универзитета у Београду.
- Марковић, Ј. (1970). *Географске области Социјалистичке Федеративне Републике Југославије* (друго издање изд.). Београд: Универзитет у Београду.
- Марковић, Ј. (1997). *Географске регије Републике Српске*. Бијељина: Контакт М.
- Милановић, М. (2010). *Скрипта Економија природних ресурса*.
- Милановић, М., & Љешевић, М. (2009). *Теледетекционе методе истраживања животне средине*. Београд: Географски факултет Универзитета у Београду.
- Милановић, М., & Филиповић, Д. (2017). *Информациони системи у планирању и заштити простора*. Београд: Географски факултет Универзитета у Београду.
- Милановић, М., Ваљаревић, А., & Лукић, Т. (2020). *Даљинска детекција у животној средини*. Београд: Географски факултет Универзитета у Београду.
- Милановић, М., Љешевић, М., & Милинчић, М. (2012). *Екоменаџмент*. Београд: Географски факултет Универзитета у Београду.
- Милосављевић, Н. Р. (1983). Биоклиматска рејонизација Босне и Херцеговине за потребе човека. *Зборник радова 11. конгреса географа Југославије*. Подгорица.
- Милутиновић, С. (2020). *Управљање природним ресурсима*. Ниш: Факултет заштите на раду.
- Нови урбанистички завод Републике Српске. (2013). *Нацрт измјена и допуна Просторног Плана Републике Српске до 2025. године*. Бања Лука: Министарство за просторно уређење, грађевинарство и екологију Републике Српске.
- Павловић, П. (1923). *Прилог за поснавања терцијара у Србији* (Т. 7/2). Београд: Геолошки анали Балканског полуострва.
- Петронић, С., Лубарда, Б., Братић, Н., & Максимовић, Т. (2021). Урбана флора Бијељине. *Гласник/HERALD*, 25, 195-214.

- Петронић, С., Радошевић, Д., Тодоровић, С., Панић, Г., & Братић, Н. (2014). Разноврсност и заштита живог свијета Громижеља. *НОВА ШКОЛА*, 9(2), 81-90.
- Пољопривредни институт РС Бања Лука, Завод за агрохемију и агроекологију. (2009). *Основа заштите, коришћења и уређења земљишта Републике Српске као компоненте процеса планирања коришћења земљишта*. Бања Лука: Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде РС.
- Рајчевић, В., & Црногорац, Ч. (2014). Хидрогеотермални потенцијали у функцији обновљиве енергије у Републици Српској. *Herald*, 121-149. doi:10.7251/HER1714121R
- Рајчевић, В., & Црногорац, Ч. (2017). *Хидрологија и потамологија*. Бања Лука: Географско друштво Републике Српске; ПМФ Бања Лука.
- Републички завод за геолошка истраживања РС. (2010). *Карта појаве нафте, гаса и битумена на територији Републике Српске и Босне и херцеговине, 1:500000*. Зворник: Министарство индустрије, енергетике и рударства.
- Републички завод за статистику. (2017). *Градови и општине Републике Српске*. Бања Лука: Републички завод за статистику РС. Преузето фебруар 16, 2022 са https://www2.rzs.rs.ba/static/uploads/bilteni/gradovi_i_opstine_republike_srpske/2017/Gradovi_Opstine_Republike_Srpske_2017_WEB.pdf
- Републички завод за статистику РС. (2017). *Попис становништва, домаћинства и станова у Републици Српској 2013*. Бања Лука: Завод за статистику РС. Преузето са https://www.rzs.rs.ba/static/uploads/bilteni/popis/gradovi_opstine_naseljena_mjesta/Rezultati_Popisa_2013_Gradovi_Opstine_Naseljena_Mjesta_WEB.pdf
- Ристић, Р., Радић, Б., & Васиљевић, Н. (2009). Карактеристике великих вода на бујичним сливовима у Србији. *Гласник Српског географског друштва*, 89(4), 161-189.
- РХМЗС. (1998-2022). *Метеоролошки годишњак 1 климатолошки подаци*. Београд: Републички хидрометеоролошки завод Републике Србије. Преузето јул 14, 2022 са https://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija_godisnjaci.php

- РХМЗС. (2012-2022). *Хидролошки годишњак - Површинске воде*. Београд: Републички хидрометеоролошки завод Србије.
- РХМЗС. (2015а). *Метеоролошки годишњак 1 - климатолошки подаци 2014*. Београд: Републички хидрометеоролошки завод Републике Србије.
- РХМЗС. (2015б). *Хидролошки годишњак 1 - површинске воде 2014*. Београд: Републички хидрометеоролошки завод Републике Србије.
- Службени гласник Републике Српске 118/22. (2022, новембар 30). Стратегија заштите животне средине Републике Српске.
- Службени гласник Републике Српске 19/18. (2018, март 23). Одлука о проглашењу заштићеног станишта Громижељ. Службени гласник Републике Српске.
- Службени гласник Републике Српске 20/14. (2014, март 19). Закон о заштити природе.
- Тохол, Н., Јоловић, Б., Главаш, С., & Митровић, Д. (2016). *Тумач хидрогеолошке карте Републике Српске 1:300000*. Зворник: Републички завод за геолошка истраживања Републике Српске.
- Тошић, Р. (2007). Проблем ерозије и управљање наносом у Републици Српској. *Зборник радова са научног скупа Србија и Република Српска у регионалним и глобалним процесима* (стр. 221-228). Требиње: Географски факултет у Београду; Природно-математички факултет у Бања Луци.
- Тошић, Р. (2008). Ерозија у Републици Српској и Босни и Херцеговини. *Гласник географског друштва Републике Српске*, 12, 23-36.
- Трифковић, М., Судар, Т., Дашић, Т., & Станић, М. (2021). Оптимално управљање водним ресурсима у периоду наиласка поплавних таласа - Примјер система на Требишњици и Врбасу у Републици Српској. *Зборник радова 19. Савјетовање СДХИ и СДХ* (стр. 118-138). Београд: Грађевински факултет Универзитета у Београду.
- Ћурчић, М. (2017). Мргуда, Црнка (*Umbra Kramerii Walbaum, 1792*) Угрожена врста у мочвари Громижељ. *Нова школа*, 12(1), 14-18. doi:10.7251/NSK1701014C
- Цвијић, Ј. (1909). *Језерска пластика Шумадије*. Београд: Глас Српске академије.
- Цвијић, Ј. (1922). *Балканско полуострво и Јужнословенске земље*. Београд: Државна штампарија Краљевине Србије/СХС/Југославије.

Цвијић, Ј. (1924). *Геоморфологија I*. Београд: Државна штампарија Краљевине СХС.

Шума план. (2017, 08 12). *Шумскопривредна основа за шуме у приватној својини на подручју Града Бијељина, период 1. 1. 2018. до 31. 12. 2027.* (Т. КЊИГА I). Бијељина: Град Бијељина.

17. СПИСАК ПРИЛОГА

ПРИЛОГ 1. Тектонска структура Семберије. Прилагођено на основу Тумача геолошке карте СФРЈ, лист Брчко (Buzaljko & Marković, 1986); лист Зворник (Mojsilović, i drugi, 1977); лист Бијељина (Vrhovčić, Buzaljko, & Mojićević, 1986); лист Тузла (Čičić, Jovanović, Mojićević, & Tokić, 1991)

ПРИЛОГ 2. Геолошка карта. Прилагођено на основу Основне геолошке карте СФРЈ 1:100000, лист Брчко (Buzaljko, Vujnović, & Olujić, 1985); лист Зворник (Mojsilović, i drugi, 1975); лист Бијељина (Vrhovčić & Mojićević, 1984); лист Тузла (Čičić, Mojićević, Jovanović, Tokić, & Dimitrov, 1990)

ПРИЛОГ 3. Геоморфолошка карта Семберије. Прилагођено на основу Геоморфолошке карте БиХ 1:500000 (Savez geografskih društava, 1992)

ПРИЛОГ 4. ТИН модел рељефа

ПРИЛОГ 5. Карта нагиба рељефа

ПРИЛОГ 6. Карта вертикалне рашчлањености рељефа

ПРИЛОГ 7. Карта експозиције рељефа

ПРИЛОГ 8. Карте хидрографских система Семберије, на основу ДМВ и на основу Водног информационог система РС (Воде Српске, 2022)

ПРИЛОГ 9. Исјечак хидрогеолошке карте. Прилагођено на основу Хидрогеолошке карте РС 1:300000 (Јоловић, Тохол, & Главаш, 2016); Исјечак карте термалних, минералних и термоминералних вода РС. Прилагођено на основу Карте термалних, минералних и термоминералних вода РС 1:300000 (Јоловић, Главаш, & Тохол, 2016)

ПРИЛОГ 10. Педолошка карта. Прилагођено на основу Педолошке карте СР БиХ, 1:50000 (Zavod za agropedologiju, 1972-1973)

ПРИЛОГ 11. Карте земљишног покривача 2000. и 2018. Прилагођено на основу Корин базе земљишног покривача 2000 (European Environment Agency, 2019a) и 2018 (European Environment Agency, 2019b)

ПРИЛОГ 12. Карте фактора R , K , P и C

ПРИЛОГ 13. Карта фактора LS и карта просјечне годишње ерозивности A

ПРИЛОГ 14. Карте морфометријских одлика слива Лукавца (хипсометријске одлике, хијерархија ријечне мреже, земљишни покривач и дистрибуција ЦН броја)

ПРИЛОГ 15. ХАНД модел поплавних површина у сливу Лукавца

ПРИЛОГ 16. Карта угрожених урбаних површина по насељима, у сливу Лукавца

ПРИЛОГ 17. Карте морфометријских одлика слива Јање (хипсометријске одлике, хијерархија ријечне мреже, земљишни покривач и дистрибуција ЦН броја)

- ПРИЛОГ 18.** ХАНД модел поплавних површина у сливу Јање
- ПРИЛОГ 19.** Карта угрожених урбаних површина по насељима, у сливу Јање
- ПРИЛОГ 20.** Карте морфометријских одлика слива Тавне Лукавца (хипсометријске одлике, хијерархија ријечне мреже, земљишни покривач и дистрибуција ЦН броја)
- ПРИЛОГ 21.** ХАНД модел поплавних површина у сливу Тавне
- ПРИЛОГ 22.** Угрожене урбане површине по насељима, у сливу Тавне
- ПРИЛОГ 23.** ХАНД модел поплавних површина у непосредним сливовима Саве и Дрине са угроженим насељима. Граничне локације са највећом изложеношћу плављењу према „Воде РС“ преузете на основу Воде Српске (2021)
- ПРИЛОГ 24.** Карте критеријума за процјену погодности површина за агрошумарство
- ПРИЛОГ 25.** Карте погодности површина за седам дрвенастих врста за потребе агрошумских система
- ПРИЛОГ 26.** Карта размјештаја геолокалитета, осталих природних и културних локалитета на простору Семберије; картографска подлога на основу ТК 1:200000 (VGI, 1979-1981); Слика 1. Громижељ (InfoBijeljina, 2020); Слика 2. Ревир Швапска ада (Dešavanja u Bijeljini, 2023); Слика 3. Ревир Швапска ада (Sembarijainfo, 2021); Слика 4. Приобални појас Дрине; Слика 5. Водопад Скакавац (Maslačak, 2022); Слика 6. Новакова пећина (Ćulum, 2020); Слика 7. Видиковац на гребену изнад Новакове пећине; Слика 8. Шупља стијена (Turistička organizacija Ugljevik, 2023); Слика 9. Дио површинског копа у Угљевику; Слика 10. Поток Веселиновац (MonMaris, 2017); Слика 11. Ортофото снимак локалитета Грабовача (Google Earth, 2020)
- ПРИЛОГ 27.** Туристички локалитети и инфраструктурни елементи
- ПРИЛОГ 28.** Карте површина према факторима а) K_{fu} и б) K_{fv}
- ПРИЛОГ 29.** Карте приоритета заштите према композитном индикатору R_z

18. СПИСАК ТАБЕЛА

| | |
|---|----|
| Табела 1. Класификација аналитичких инструмената, техника и метода истраживања животне средине (Mihajlov, 2010, стр. 10)..... | 29 |
| Табела 2. Одлучивачки процес и примјена ГИС-а (Aspinall & Pearson, 2000)..... | 58 |
| Табела 3. Дистрибуција површина према хипсометрији (Манојловић & Драгићевић, 2021)..... | 73 |
| Табела 4. Дистрибуција површина према категоријама нагиба терена (Vognar, 1992)..... | 74 |

| | |
|--|-----|
| Табела 5. Дистрибуција површина према категоријама вертикалне рашчлањености (Vognar, 1992)..... | 76 |
| Табела 6. Експозиције рељефа према висинским појасевима (% површине)..... | 79 |
| Табела 7. Средње мјесечне температуре ваздуха (°) у Бијељини (RHMZ Вања Лука, 2022; SHMZ, 1961-1990), Тузли (FHMZ, 2013-2022; SHMZ, 1961-1990) и Лозници (PXMЗС, 1998-2022)..... | 82 |
| Табела 8. Годишњи ток средње минималне температуре ваздуха у Бијељини (RHMZ Вања Лука, 2022), Тузли (FHMZ, 2013-2022) и Лозници (PXMЗС, 1998-2022)..... | 85 |
| Табела 9. Годишњи ток средње максималне температуре ваздуха у Бијељини (RHMZ Вања Лука, 2022), Тузли (FHMZ, 2013-2022) и Лозници (PXMЗС, 1998-2022)..... | 86 |
| Табела 10. Релативна влажност ваздуха (%) у Бијељини (RHMZ Вања Лука, 2022), Тузли (FHMZ, 2013-2022) и Лозници (PXMЗС, 1998-2022)..... | 87 |
| Табела 11. Годишња расподјела падавина у Бијељини (RHMZ Вања Лука, 2022), Тузли (FHMZ, 2013-2022) и Лозници (PXMЗС, 1998-2022)..... | 89 |
| Табела 12. Вриједности плувиометријског коефицијента у периоду за Бијељину (RHMZ Вања Лука, 2022), Тузлу (FHMZ, 2013-2022) и Лозницу (PXMЗС, 1998-2022)..... | 92 |
| Табела 13. Мјесечни индекс суше за МС Бијељина, Тузла и Лозница | 93 |
| Табела 14. Вриједности хидротермичког коефицијента за МС Бијељина (2010-2019) | 98 |
| Табела 15. Облачност, нефички коефицијент (q) и нефички експес (e) у периоду 1997-2021 у Бијељини (RHMZ Вања Лука, 2022) и Тузли (FHMZ, 2013-2022) ... | 101 |
| Табела 16. Средња дужина трајања сунчевог сјаја у часовима на МС Бијељина (RHMZ Вања Лука, 2022) и МС Тузла (FHMZ, 2013-2022) | 103 |
| Табела 17. Морфометријске карактеристике сливова Семберије..... | 119 |
| Табела 18. Морфометријске карактеристике водотока Семберије..... | 123 |
| Табела 19. Средњи мјесечни и средњи годишњи протицај на ријекама Јањи (Угљевик) (SHMZ, 1963-1990), Сави-Јамена и Дрини-Радаљ (PXMЗС, 2012-2022) | 127 |
| Табела 20. Систем канала Семберије (Воде Српске, 2022)..... | 132 |

| | |
|---|-----|
| Табела 21. Геотермалне бушотине и истраживања на територији Семберије (Тохољ, Јоловић, Главаш, & Митровић, 2016)..... | 136 |
| Табела 22. Земљишни потенцијал (Zavod za agropedologiju, 1972-1973)..... | 144 |
| Табела 23. Површине према класама земљишног покривача у 2000 (CLC2000), 2018 (CLC2018) и промјена 2000-2018 година..... | 152 |
| Табела 24. Типови култура унутар дефинисаних класа земљишног покривача Корина..... | 156 |
| Табела 25. Вриједности С фактора за различите класе земљишног покривача (Jabbar & Chen, 2005; Panagos, et al., 2015a)..... | 171 |
| Табела 26. Вриједности Р фактора (Wischmeier & Smith, 1978; Loukrakram & Oinam, 2021; Negese, Fekadu, & Getnet, 2021)..... | 172 |
| Табела 27. Површине Семберије према категоријама ерозивности..... | 177 |
| Табела 28. Калкулација ЦН броја на основу ћелија грид мреже (USDA, 2004)... | 188 |
| Табела 29. Подаци о водомјерним станицама Лукавац и Јања у периоду 1962-1986 (SHMZ, 1963-1990)..... | 191 |
| Табела 30. Резултати анализе одређивања максималних протицаја и поређење са архивским подацима о висини водостаја (SHMZ, 1963-1990), на ријекама Лукавац, Јања и Тавна..... | 193 |
| Табела 31. Угрожене земљишне површине у сливу Лукавца на територији Бијељине, Угљевика и Лопара..... | 201 |
| Табела 32. Угрожене површине по општинама..... | 208 |
| Табела 33. Угрожене површине у сливу Тавне по општинама..... | 213 |
| Табела 34. Отпорност врста на факторе угрожавања природне средине и заштитна функција изабраних дрвенастих врста (Mekić, 1998; Stojnić, Orlović, Katanić, & Vasić, 2010; Govedar & Krstić, 2016; Štrbac, i drugi, 2022; Šilić, 1990)..... | 230 |
| Табела 35. Фази АХП троугласта скала кориштена у процесу фазификације (Lee, Mogi, & Hui, 2013)..... | 237 |
| Табела 36. Тежински коефицијенти критеријума..... | 240 |
| Табела 37. Површине према погодности за специфичне врсте..... | 243 |
| Табела 38. Вредновани геолокалитети на простору мезорегије Семберија..... | 257 |
| Табела 39. Класификација геолокалитета према вредновању ГАМ методом..... | 260 |

| | |
|--|-----|
| Табела 40. Површине према приоритетности заштите по административним јединицама..... | 282 |
|--|-----|

19. СПИСАК СЛИКА

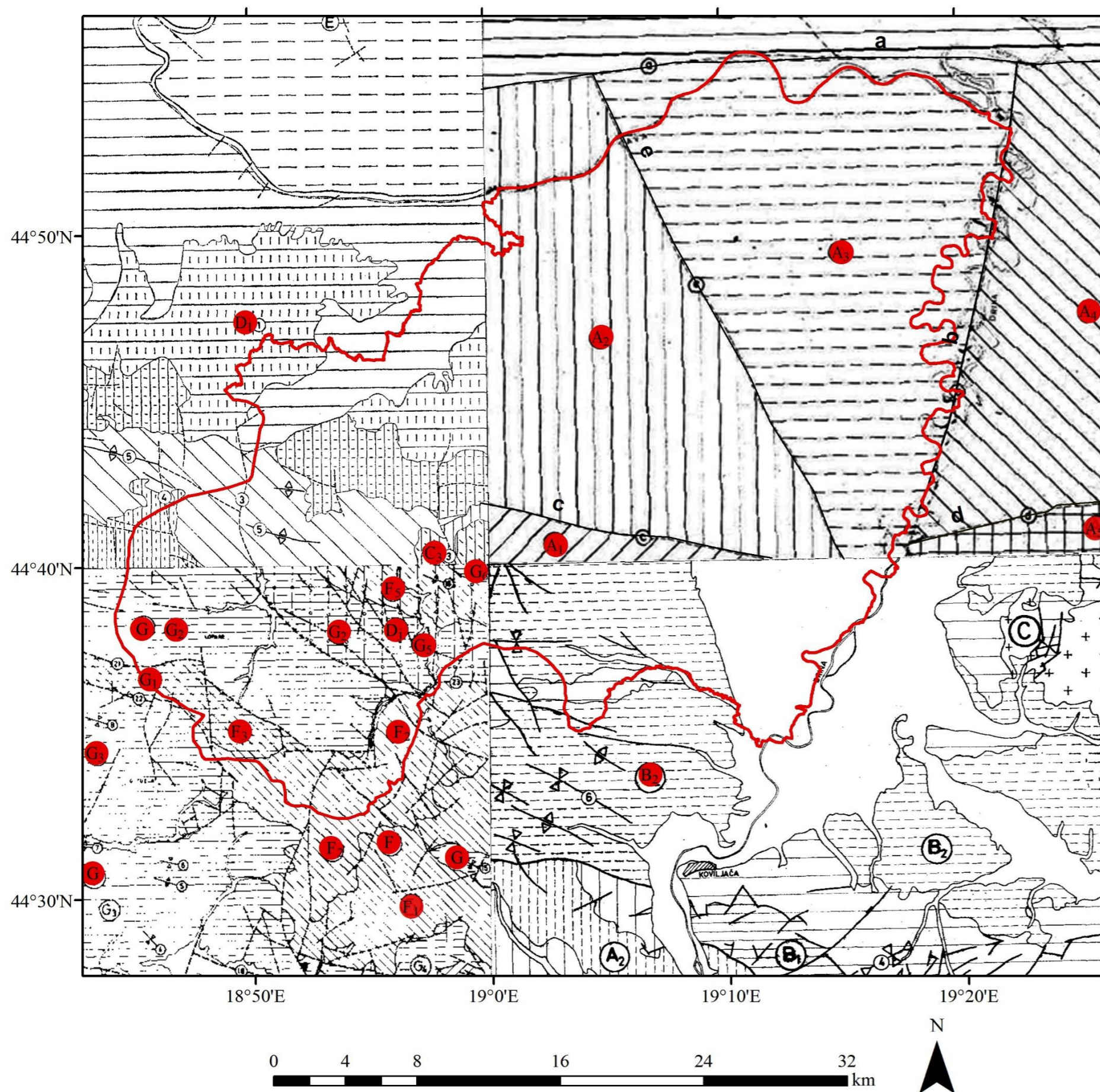
| | |
|--|-----|
| Слика 1. Спектрални отисак воде, здраве вегетације и сувог, огољеног земљишта. Прилагођено на основу „ <i>Geographic information systems and computer cartography</i> “ (Jones, 1997). | 32 |
| Слика 2. Компоненте авионског ласерског снимања терена (Gallay & Jozef, 2013, стр. 3)36 | |
| Слика 3. Географски положај мезорегије Семберија са граничним тачкама (Бијељина, Угљевик, Лопаре)..... | 59 |
| Слика 4. Скупштина Града Бијељина..... | 61 |
| Слика 5. Градски парк у Бијељини..... | 61 |
| Слика 6. Центар за културу Града Бијељина..... | 61 |
| Слика 7. Педагошки факултет | 61 |
| Слика 8. Категорије нагиба (% површине) према висинским појасевима..... | 75 |
| Слика 9. Експозиције рељефа у односу на површину заступљености (%)..... | 78 |
| Слика 10. Нагиб рељефа у односу на експозиције (% површине)..... | 80 |
| Слика 11. Годишњи ток температуре ваздуха (T_{sr} , T_{min} , T_{max})..... | 84 |
| Слика 12. Релативан плувиометријски ексцес у Бијељини, Тузли и Лозници..... | 91 |
| Слика 13. Хистограм годишњег тока температуре ваздуха и сума падавина у периоду 1997-2019 у а) Бијељини; б) Тузли | 100 |
| Слика 14. а) Честина вјетра у % и б) Брзина вјетра у m/s у Бијељини (1980-1988)..... | 105 |
| Слика 15. а) Честина вјетра у % и б) Брзина вјетра у m/s у Бијељини (2000–2021) | 106 |
| Слика 16. Средње мјесечне честине вјетра(%) у Бијељини (2000–2021)..... | 107 |
| Слика 17. Слинови према површини заступљености на територији Семберије | 109 |
| Слика 18. Канал Дашнице (Бијељина) | 110 |
| Слика 19. Мултифункционална зона Дашница..... | 110 |
| Слика 20. Ријека Тавна (31. 10. 2022)..... | 124 |
| Слика 21. Корито ријеке Домане (31. 10. 2022)..... | 124 |
| Слика 22. Хидрограми: а) Дрине; б) Саве..... | 129 |
| Слика 23. Хотел „Свети Стефан“, бања Дворови (ЈУ Ванја Dvorovi, 2018)..... | 137 |
| Слика 24. Лакетића вир, Громижељ (RZZZ KIPN, 2020) | 150 |
| Слика 25. Промјене у намјени земљишта у периоду 2000–2018 | 154 |
| Слика 26. Воћњаци јабуке у Тутњевцу, Угљевик (13. 8. 2021)..... | 157 |

| | |
|---|-----|
| Слика 27. Воћњаци шљиве у Пирковцима, Лопаре (13. 8. 2021)..... | 157 |
| Слика 28. Комбинована пољопривредна производња у Даздареву, у Бијељини (3. 7. 2021) | 158 |
| Слика 29. Површине под пшеницом у Новом, Бијељина (5. 7. 2021) | 159 |
| Слика 30. Површине под кукурузом у Бродцу, Бијељина (4. 7. 2021)..... | 160 |
| Слика 31. Засади дувана у насељу Средња Чађавица у Бијељини (5. 7. 2021)..... | 174 |
| Слика 32. Пукотине у земљишту под засадима соје у Велином селу у Бијељини, (3. 7. 2021) | 175 |
| Слика 33. Поплаве у Бијељини, Етно село „Станишић“, мај 2014 (Ninković, B., 2021)... | 179 |
| Слика 34. Поплаве у Бијељини, мај 2014 (Bijeljina Danas, 2018)..... | 179 |
| Слика 35. Фактори ризика од природне непогоде. Прилагођено према „ <i>Terminology on Disaster Risk Reduction</i> “ (UN, 2004b);..... | 181 |
| Слика 36. Процедурални ток креирања ХАНД модела. Прилагођено према „ <i>A CyberGIS approach to generating high-resolution height above nearest drainage (HAND) Raster for national flood mapping</i> “ (Liu, et al., 2016)..... | 190 |
| Слика 37. Површине угрожене поплавним таласима различите висине у сливу Лукавца | 199 |
| Слика 38. Површине угрожене великим водама различитог повратног периода, према категоријама земљишног покривача | 207 |
| Слика 39. Угрожене површине у сливу Тавне према типу земљишног покривача | 213 |
| Слика 40. Угрожене површине на ужем простору Семберије (Бијељина) усљед појаве великих вода Саве и Дрине | 217 |
| Слика 41. Површине угрожене великим водама Саве | 219 |
| Слика 42. Површине угрожене великим водама Дрине | 220 |
| Слика 43. Процедурални ток геопросторног вредновања за агрошумске системе (заштитне шуме)..... | 236 |
| Слика 44. Осјетљивост резултата на додијелене тежинске коефицијенте | 245 |
| Слика 45. Агрошумски систем канадских топола са ратарским културама у Велином Селу у Бијељини (3. 7. 2021)..... | 249 |
| Слика 46. Локалитет „Шупља стијена“ (Turistička organizacija Ugljevik, 2023) | 254 |
| Слика 47. Приобаље Дрине у насељу Попови у Бијељини (31. 10. 2022.)..... | 254 |
| Слика 48. Громижељ (Zvanična internet prezentacija Grad Bijeljina, 2020) | 254 |
| Слика 49. Локалитет „Швапска ада“ (Semberske novine/Semberija info, 2021) | 254 |
| Слика 50. Излетиште на Бусији (Подгора, Лопаре, 11.10.2023.)..... | 255 |

| | |
|---|-----|
| Слика 51. Поглед са гребена изнад локалитета Новакова пећина у насељу Горња Трнова у Угљевику (14. 8. 2021.)..... | 255 |
| Слика 52. Резултати вредновања геолокалитета Семберије са подмајевичким крајем примјеном модела ГАМ..... | 257 |
| Слика 53. Локалитети са пронађеним фосилима ситних сисара у Богутовом селу у Угљевику (Marković, et al., 2018, стр. 10) | 259 |
| Слика 54. Манастир „Тавна“ у Бањици, у Бијељини (31. 10. 2023) | 264 |
| Слика 55. Музеј Семберије у Бијељини (31. 11. 2022) | 264 |
| Слика 56. Стара Евангелистичка црква у Новом Селу, у Бијељини (31. 10. 2022)..... | 264 |
| Слика 57. Етно село „Станишић“ у Дворовима, у Бијељини (31. 10. 2022) | 264 |
| Слика 58. Дијаграми тока креирања растера: а) Kfu и б) Kfv..... | 268 |
| Слика 59. Површине према категоријама комбинованог фактора угрожености | 270 |
| Слика 60. Површине према категоријама комбинованог фактора погодности, Kfv..... | 275 |
| Слика 61. Дијаграм стабла одлучивања приликом креирања растера Rz..... | 277 |

ФРАГМЕНТ ПРЕГЛЕДНЕ ТЕКТОНСКЕ КАРТЕ

Листови: Бијељина, Брчко, Зворник и Тузла (ОГК СФРЈ, 1:100000)



ЛЕГЕНДА

Структурно-фацијалне јединице

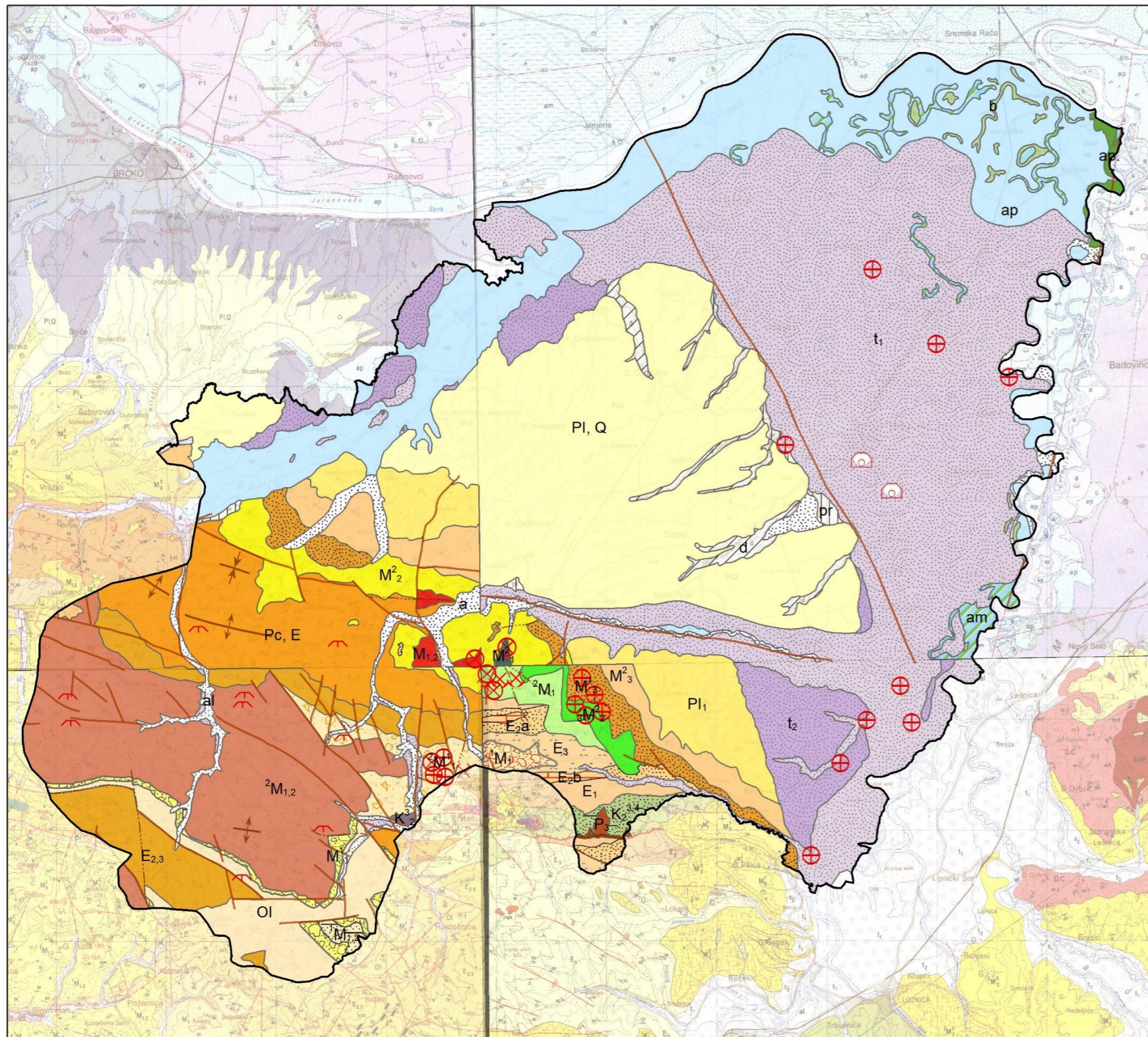
- A** A; Структурно фацијална јединица Посавине - Семберије;
A₁ Блок Угљевика; A₂ Блок Драгаљевца; A₃ Блок Дворови;
A₄ Блок Мачве; A₅ Блок Лешница
- B** B; Структурно фацијална јединица убраног комплекса
сјеверне Мајевице
- B₂** B₂ - Јадарска област; Терцијарни терени сјевероисточне
Босне, Поцерине и Корените;
- C** C; Неогенски басени; C₂ Шибошничко-лопарски басен
(G₂ на листу тузла); C₃ Угљевички басен (G₆ на листу Тузла);
C₄ Басен Босанска Бијела-Маоча-Корај
- D** D; Структурно фацијална јединица - Депресије средње Посавине;
D₁ Брчански плато; D₃ Квартарна депресија средње Посавине
- D_j** D_j; Обод јадарског палеозоица
- F** F; Структурно фацијална јединица кредно-палеогених
кластита и карбоната; F₂ Јединица Прибој-Бањ Брдо;
F₃ Јединица Гребен-Мајевица;
- G** G; Горња структурна етажа - Тузлански басен у ширем смислу;
G₁ Гребен Мајевице; G₂ Шибошничко-лопарски басен;
G₅ Басен Тобут-Мезграја; G₆ Јединица Угљевик;

Расједи

- a; савски расјед
- b; дрински расјед
- c; модрански расјед
- d; Лешница
- e; Црњелово-Јања

ГЕОЛОШКА КАРТА

Прилагођено на основу Основне геолошке карте СФРЈ 1:100000,
листови Брчко, Зворник, Бијељина и Тузла



Легенда

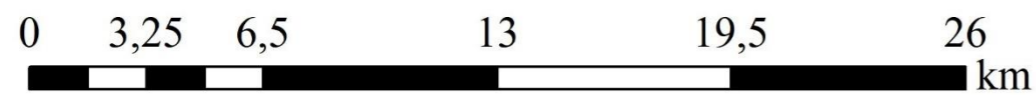
Стандардне ознаке

- ⊗ Јамски рад, напуштен
- ⊕ Важније шљункарце
- ⊗ Дубоке бушотине (20 - 50 ком.)
- ⊕ Дубоке бушотине (појединачне)
- ⊗ Површински откоп, активан
- ⊗ Површински откоп, напуштен
- ⤴ Већа клизишта
- Расјед без ознаке карактера, покривен или апроксимативно лоциран
- Релативно спуштен блок
- ↕ Тоњење осе антиклинале
- ↕ Тоњење осе синклинале
- ▲ Чело навлаке, утврђено и покривено

Геолошке јединице

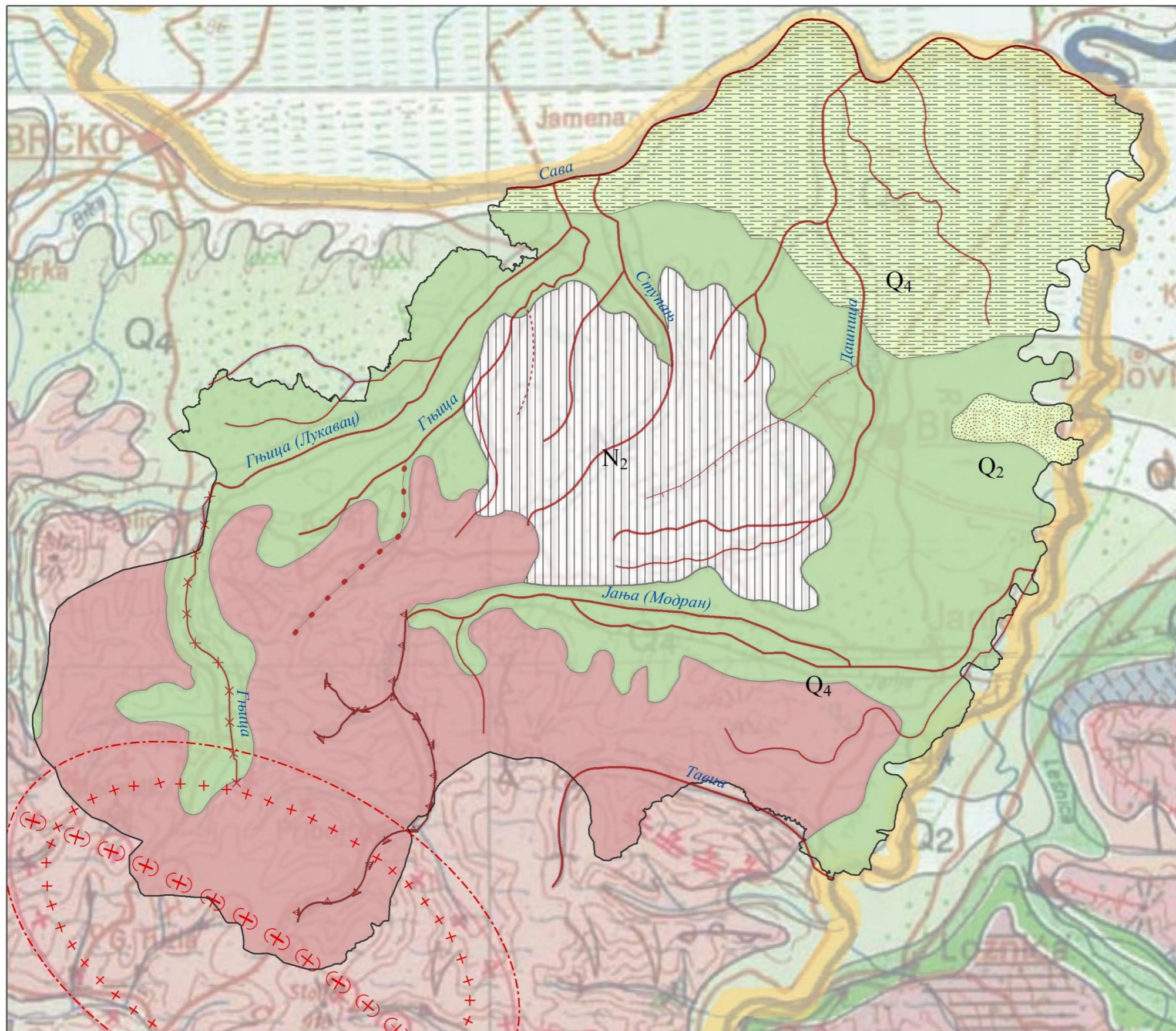
- ¹M_{1,2}; Црвени пјешчари, конгломерати, рјеђе глинци и лапорци
- M¹₃; Глиновити пијескови, пијесковити лапорци и оолитични кречњаци
- ¹M₁; Конгломерати, шљунковите глинце, глиновити пјешчари и разнобојне пијесковите глинце
- ²M₁₁; Лапорци и глинце са слојевима мрког угља
- ²M₁; Пјешчари, лапорци и глинце са угљем
- M²₁; Лапорци и глинце
- ²M_{1,2}; Доломикрити, доломитски лапорци, туфови, анхидрити и халити
- M²₂; Органогени кречњаци, лапорци, пјешчари, глинце
- M²₃; Глинце, лапорци, лапоровити пјешчари, лапоровито-пијесковите глинце
- ³M₂; Глинце, пијескови и шљункови
- K₂^{3,4}; Пјешчари, конгломерати и глинци
- K³₂; Пјешчари, лапорци, рјеђе кластити
- E₁; Глинце, лапорци и пјешчари

- E_{2a}; Кварцни пјешчари, фелдспатске грауваке и субграуваке
- E_{2,3}; Банковити кварцни пјешчари, пијесковити кречњаци и лапорци
- E_{2b}; Пијесковити кречњаци
- E₃; Флиш: кварцни пјешчари, конгломерати, глинце и лапорци
- M¹₁; Плочасти кречњаци, доломити и лапорци
- M¹₂; Субаркозе, пјешчари, шљунци, лапорци, силтови, лашпоровити кречњаци, конгломерати
- O₁; Лапорци, глинци и пјешчари, листасте глинци, рјеђе конгломерати
- P₃; Слојевити кречњаци, глинци и пјешчари
- P₁, Q; Алеврити, глинце, пијескови, и рјеђе шљункови
- P₁; Глиновити лапори, гвожђевити пјешчари, глинце, шљунци
- P_c; Глинци и пјешчари
- a; Седименти корита: пијескови и алевритски пијескови
- al; Алувијални нанос: пијескови, заглињени пијескови и шљунци
- am; Седименти мртваја: алеврити, пјесковити алеврити и пијескови
- ар; Алувијално-плавни седименти: алеврити са карбоантним конкрецијама
- ар.; Алувијално-плавна фација: пијескови и пјесковити алеврити
- b; Барски седименти: глинце и глиновити алеврити
- d; Делувијални седименти: ситнозрни шљункови, пијескови и алеврити
- pr; Пролувијум: алеврити и ријетко ситнозрни шљункови и пијескови
- t₁; Ријечна тераса: пијескови и ситнозрни шљункови
- t₂; Ријечна тераса: шљунак, пијесак и глинце



ГЕОМОРФОЛОШКА КАРТА

Прилагођено на основу Геоморфолошке карте БиХ, СФР Југославије 1:500000



Легенда

Геоморфолошка карта (сегмент)

II Орографија и генетски типови рељефа
Класе рељефа - рашчлањеност (m/km²)

5 - 30 30 - 100

0 - 5 100 - 300

флувио-аккумулятивни облици
 флувио-денудациони облици

Облици ендогених процеса

A Тектонски облици

+ Антиклинални свод
+ Гребен антиклинале

B Неотектонски облици

Наборни процеси

--- Граница рецентног издизања

Облици егзогених процеса

C Флувијални ерозивни облици

▨ флувијална површ (пијесак и шљунак)

C₁ Флувијални акумулативни облици

▨ акумулативне равнице, периодично плављене

▨ акумулативне равнице, стално суве

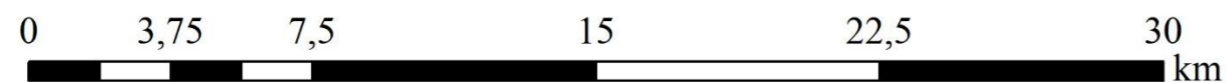
D Флувијални денудацијски облици

Долински облици

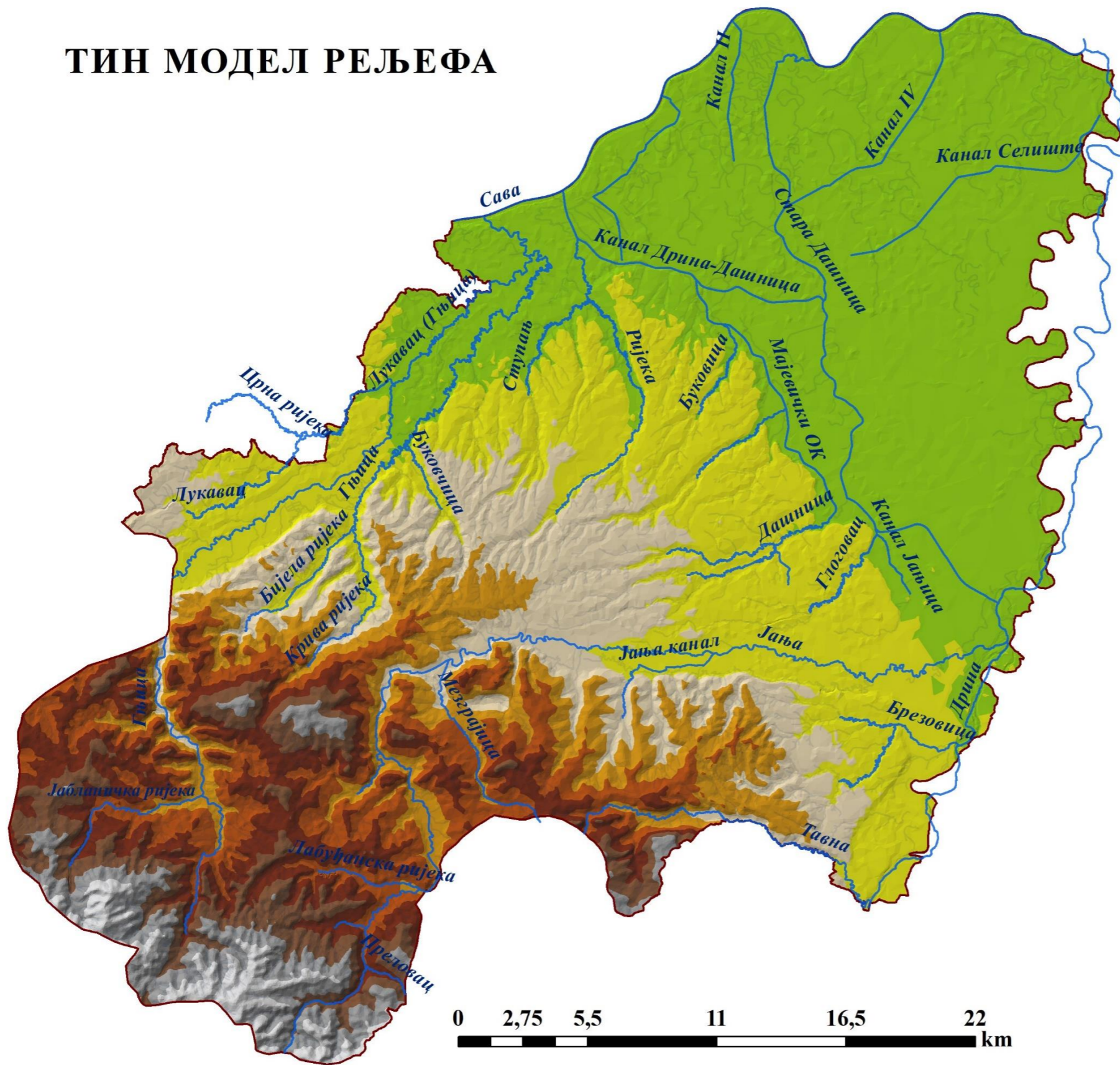
— некатегорисане
 — Велика ријечна корита усјечена у алувијуму
 — Долина равног дна
 ••• Коритаста долина
 - - - - - Уска долина равног дна
 —▲— Уска симетрична долина V облика
 ××× Широка долина

Морфохронологија

Q квартал
 Q₄ холоцен
 Q₂ средњи плеистоцен
 N неоген
 N₂ плиоцен



ТИН МОДЕЛ РЕЉЕФА

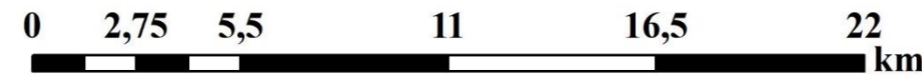


ЛЕГЕНДА

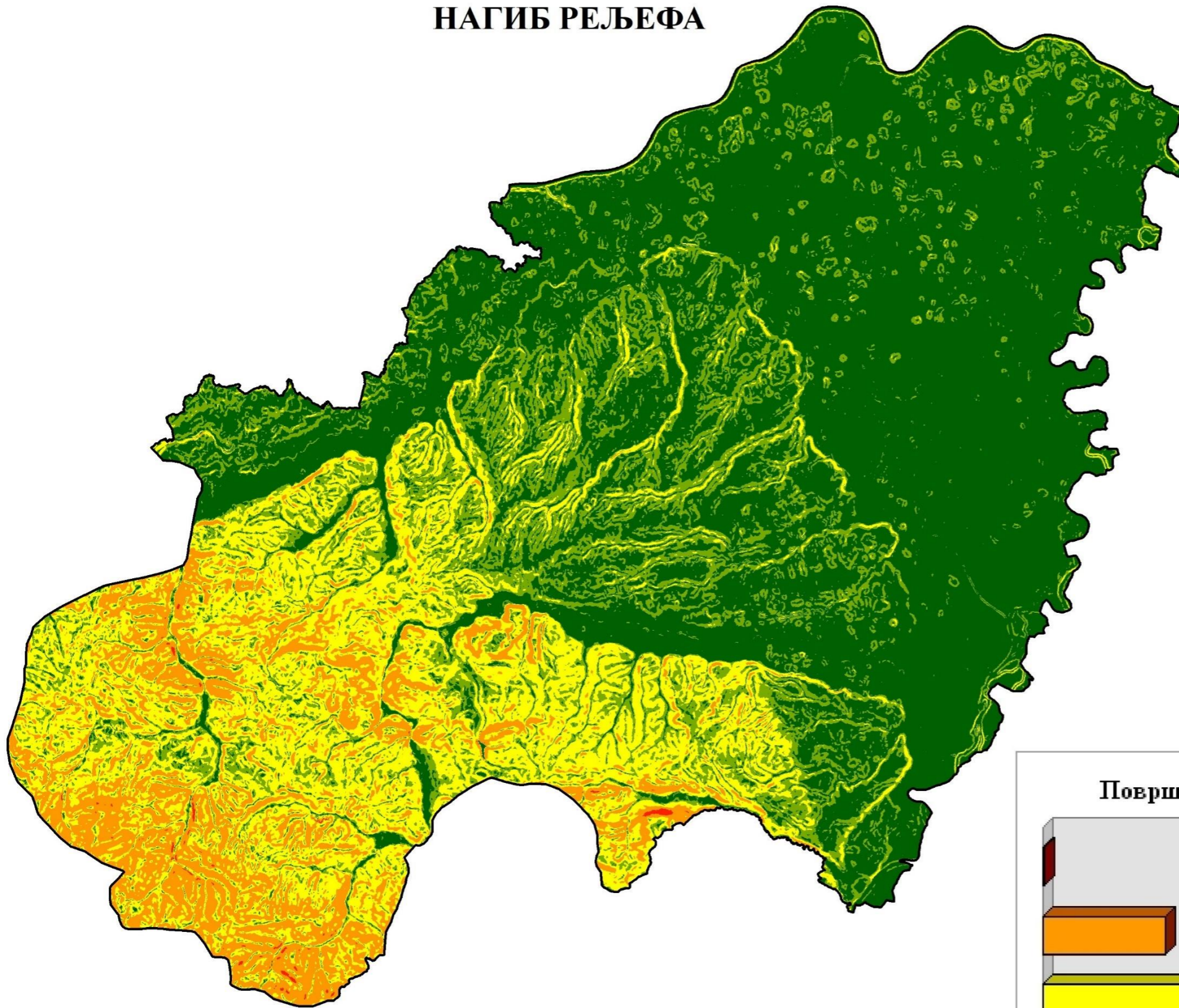
Надморска висина (m)

- h > 450
- 400,1 - 450
- 350,1 - 400
- 300,1 - 350
- 250,1 - 300
- 200,1 - 250
- 150,1 - 200
- 100,1 - 150
- 73,3 - 100

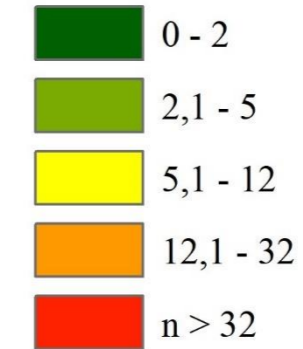
Ријечни токови и канали



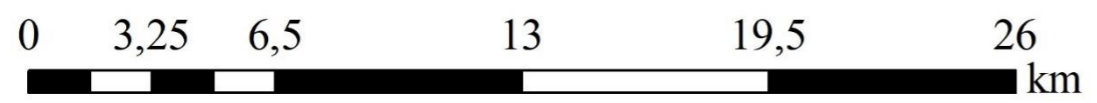
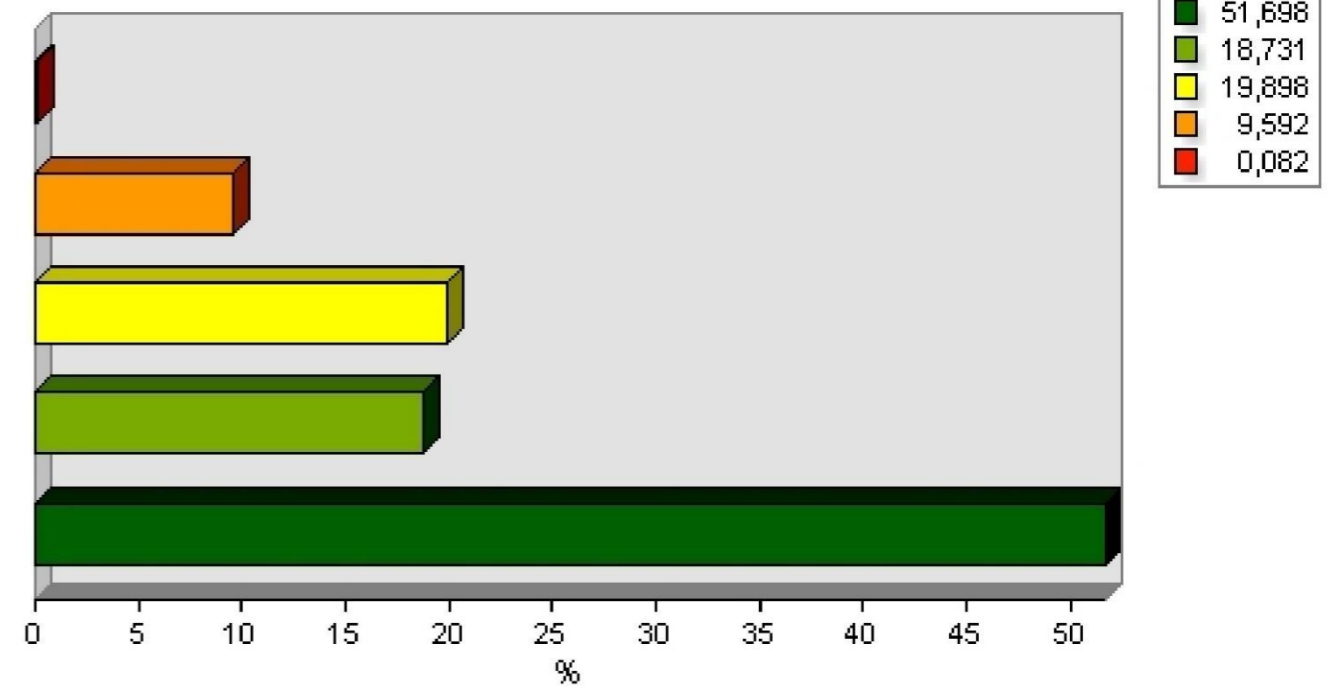
НАГИБ РЕЉЕФА



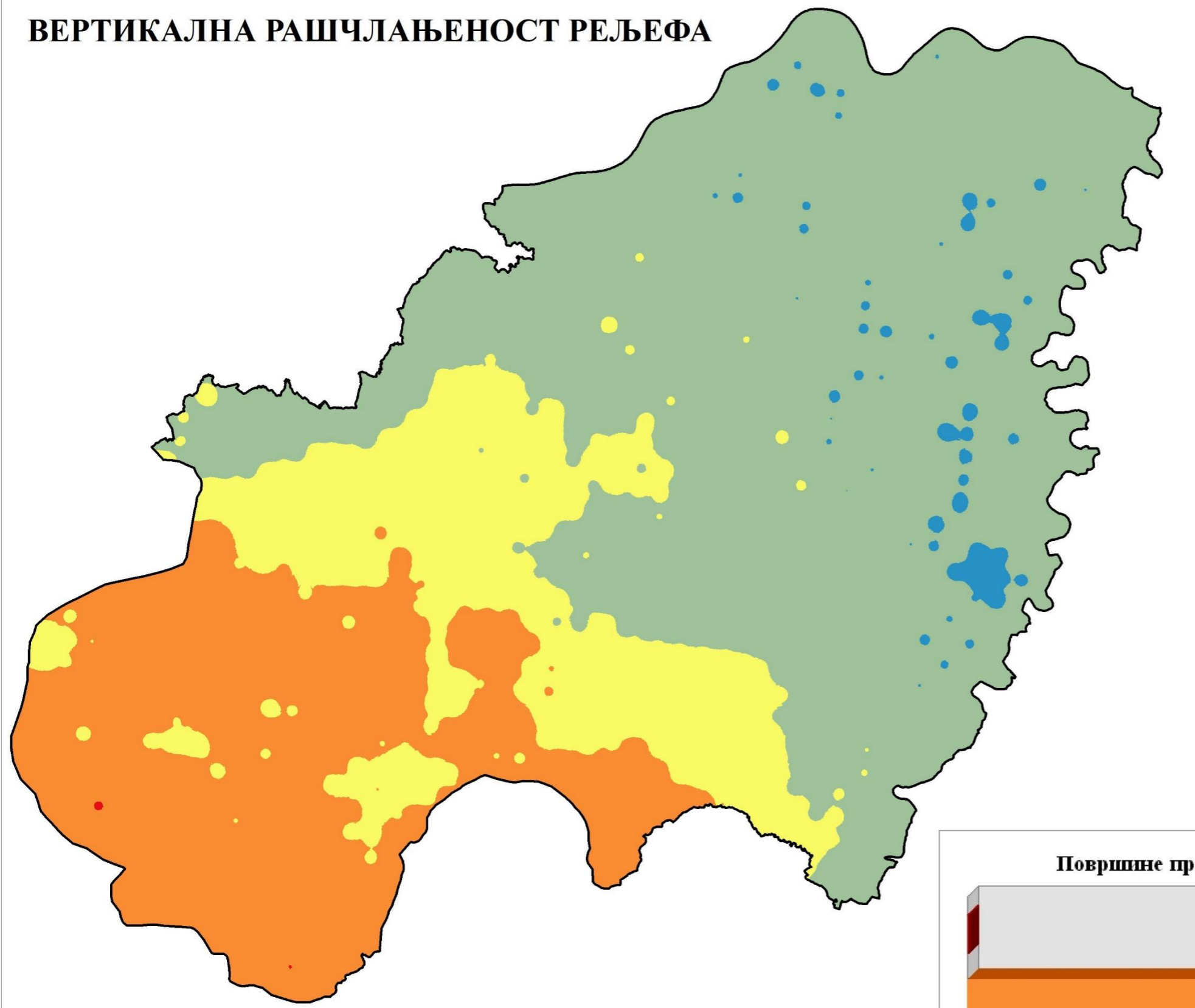
Нагиб рељефа (степени)



Површине према категоријама нагиба рељефа



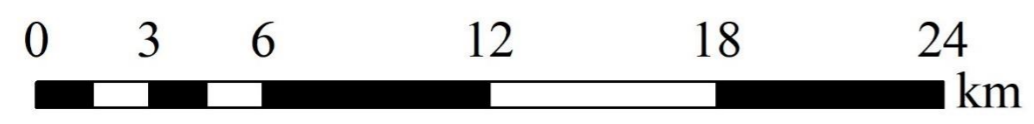
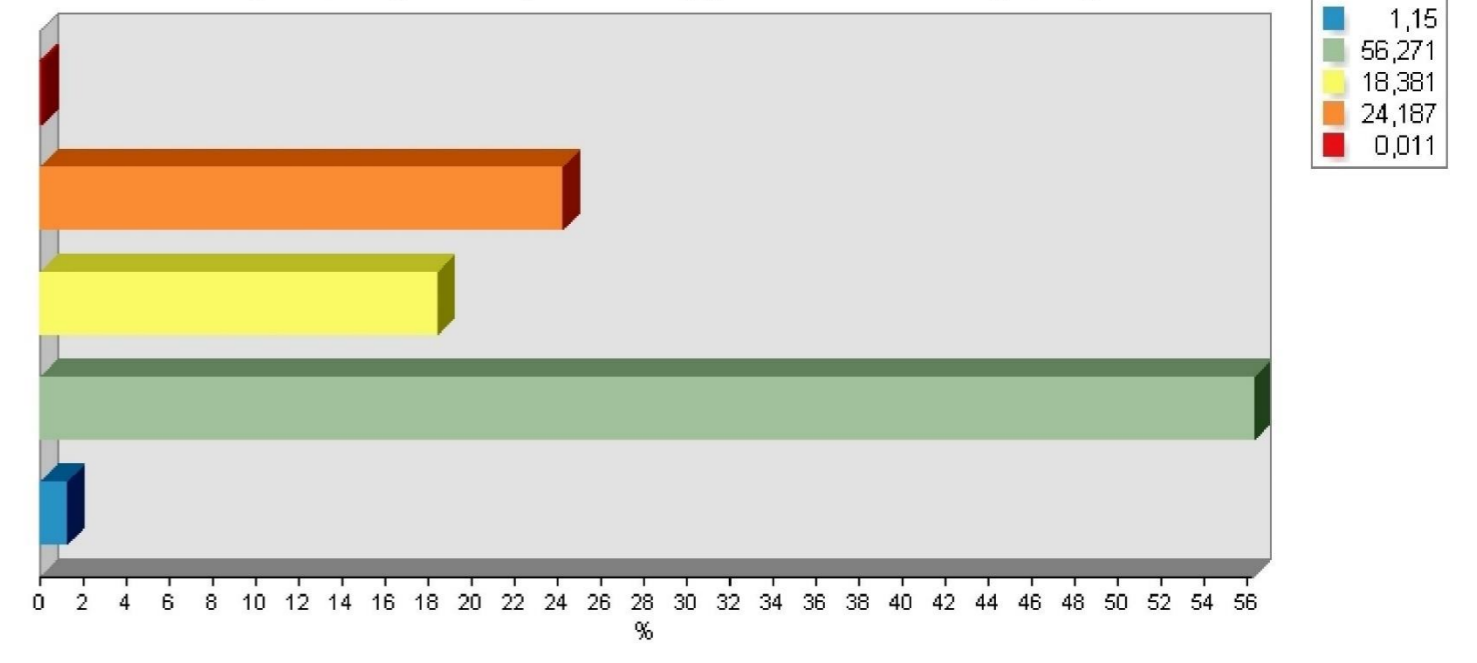
ВЕРТИКАЛНА РАШЧЛАЊЕНОСТ РЕЉЕФА



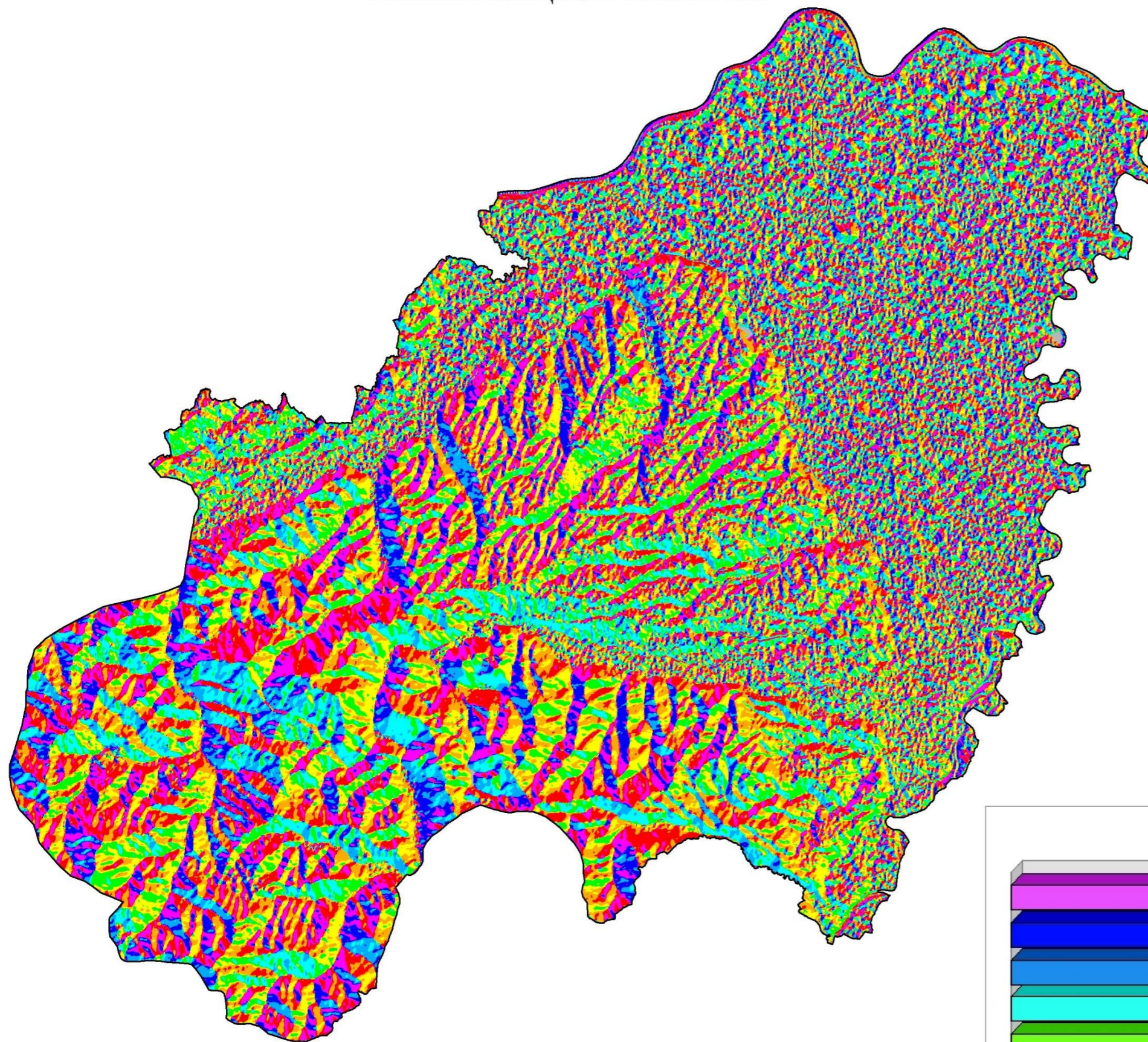
Вертикална рашчлањеност рељефа (m/km²)

- 3,2 - 5
- 5,1 - 30
- 30,1 - 100
- 100,1 - 300
- Vr > 300

Површине према вертикалној рашчлањености рељефа

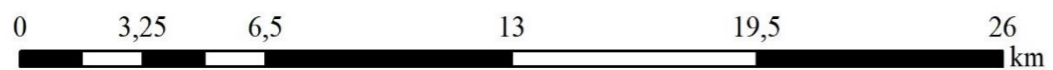


ЕКСПОЗИЦИЈЕ РЕЉЕФА

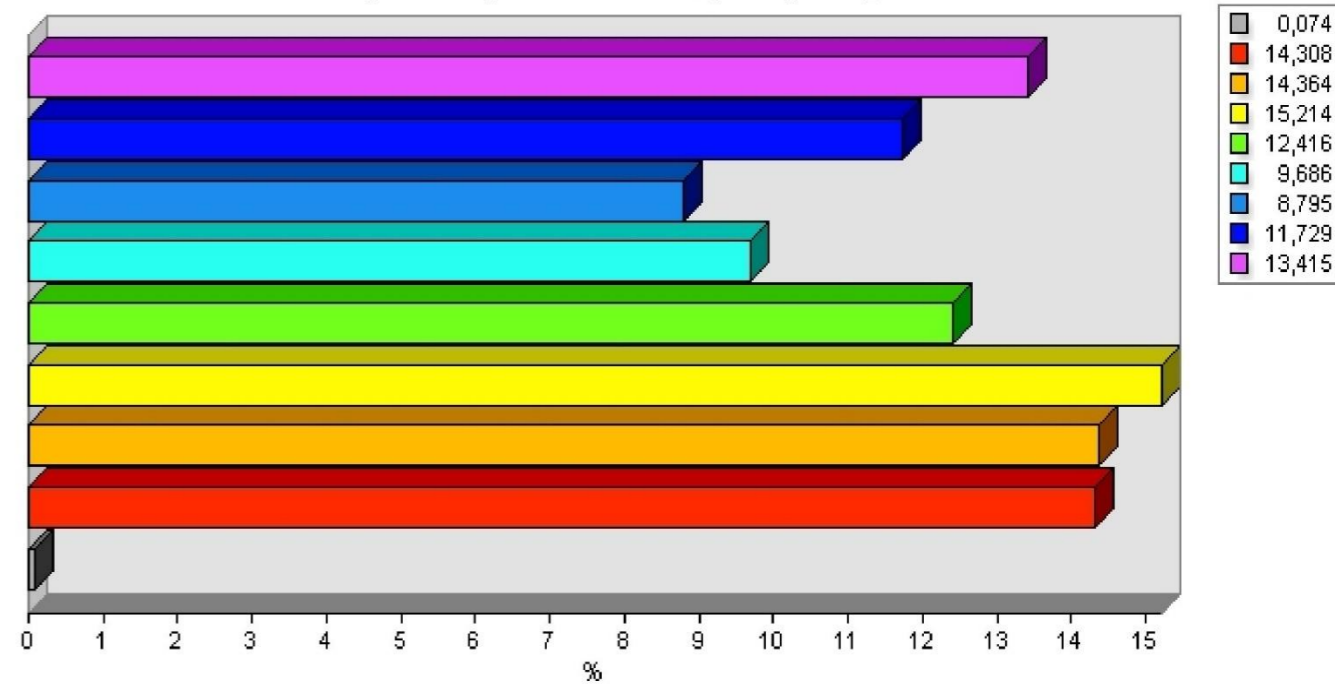


ЕКСПОЗИЦИЈЕ

- неекспониране (-1)
- N (0-22.5)
- NE (22.5-67.5)
- E (67.5-112.5)
- SE (112.5-157.5)
- S (157.5-202.5)
- SW (202.5-247.5)
- W (247.5-292.5)
- NW (292.5-337.5)
- N (337.5-360)

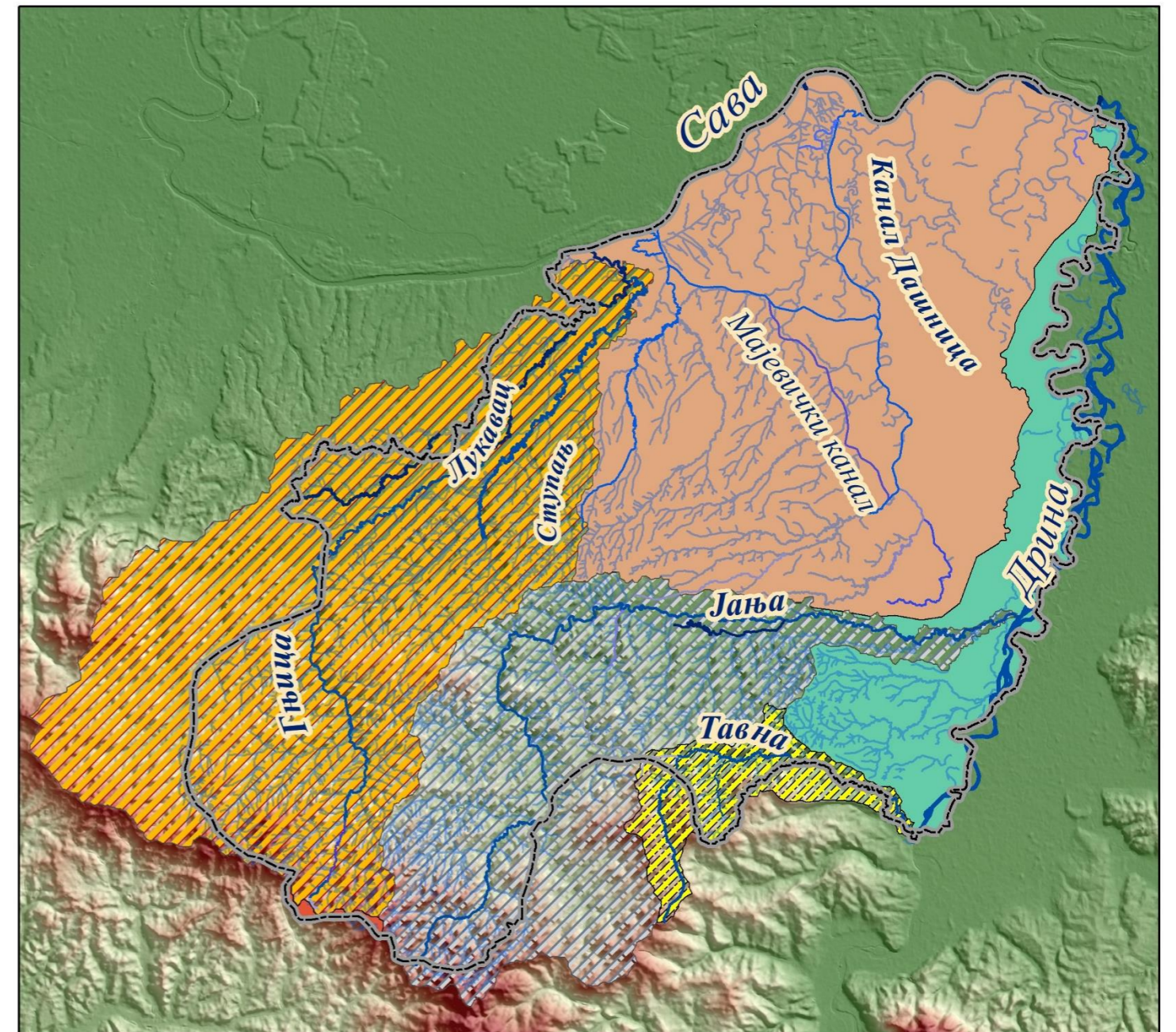
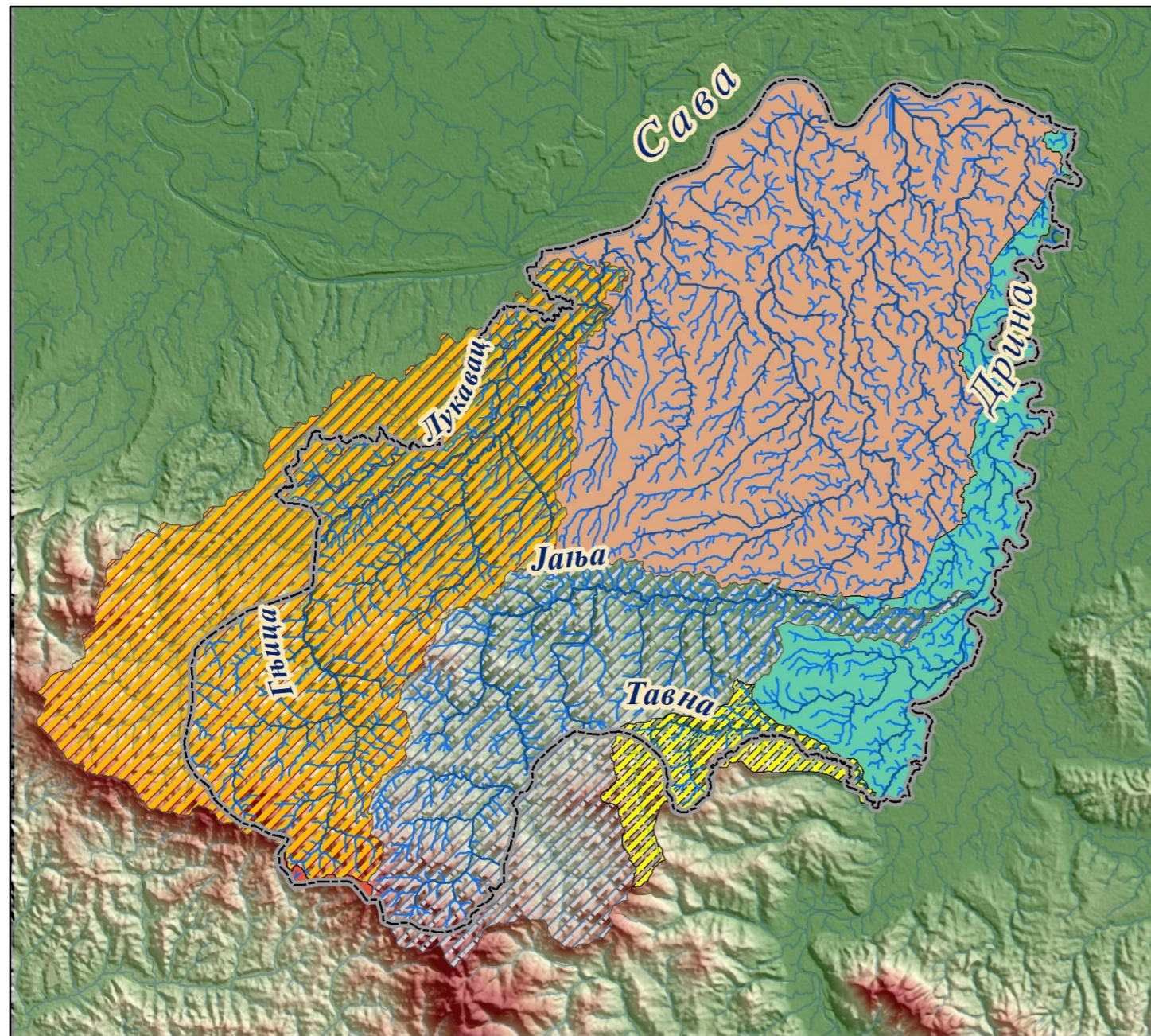


Површине према експозицијама рељефа

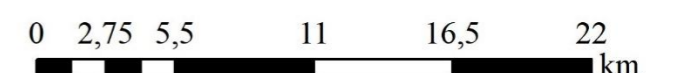
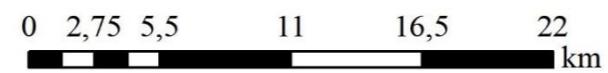


ХИДРОГРАФСКА МРЕЖА (ДМВ)

ХИДРОГРАФСКА МРЕЖА (ВОДНИ КАТАСТАР РВИС)









Легенда



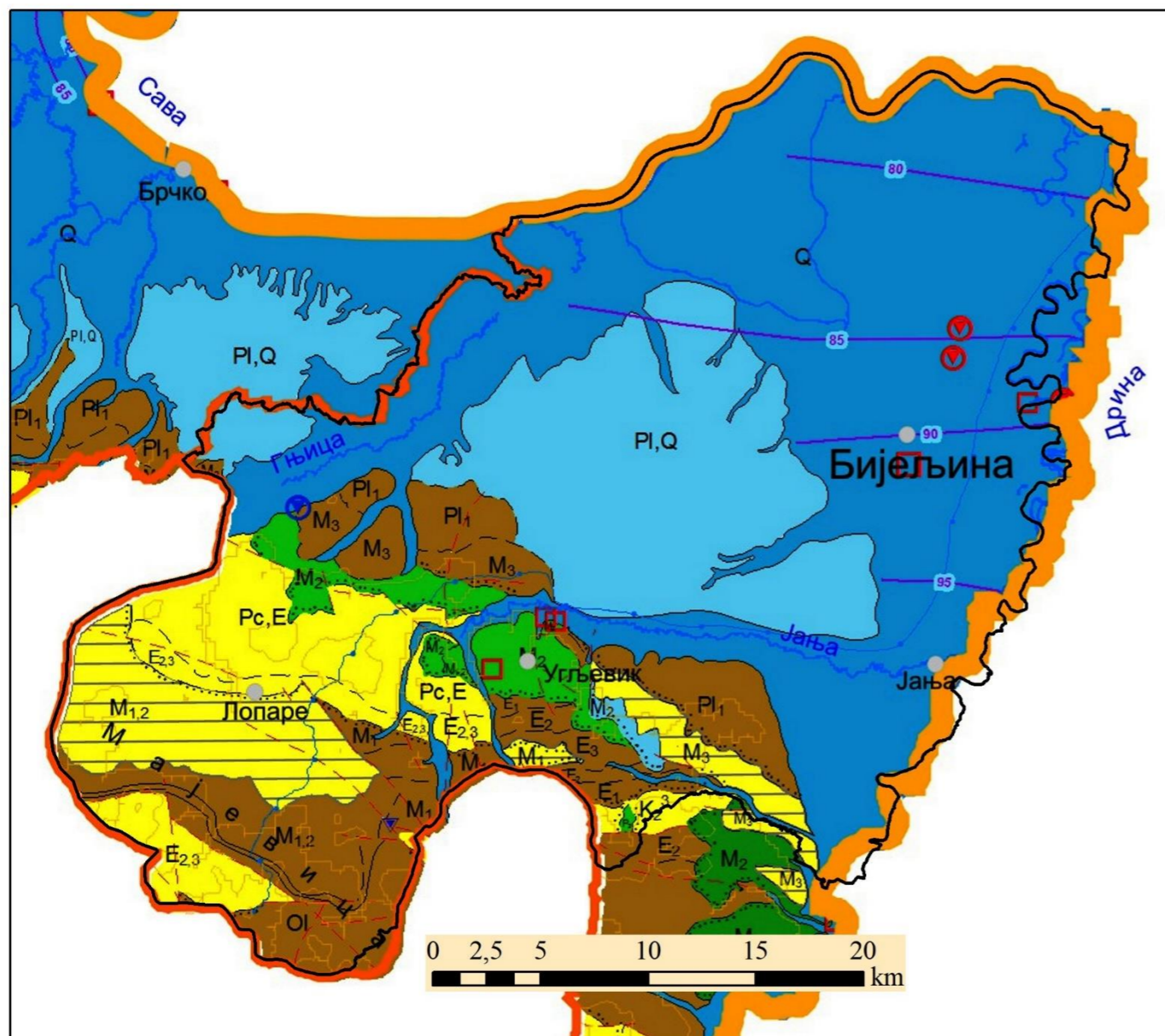
Границе

Слив

-  непосредни слив Дрине
-  непосредни слив Саве
-  слив Гњице (Лукавца)
-  слив Јање
-  слив Тавне
-  слив Пожарнице



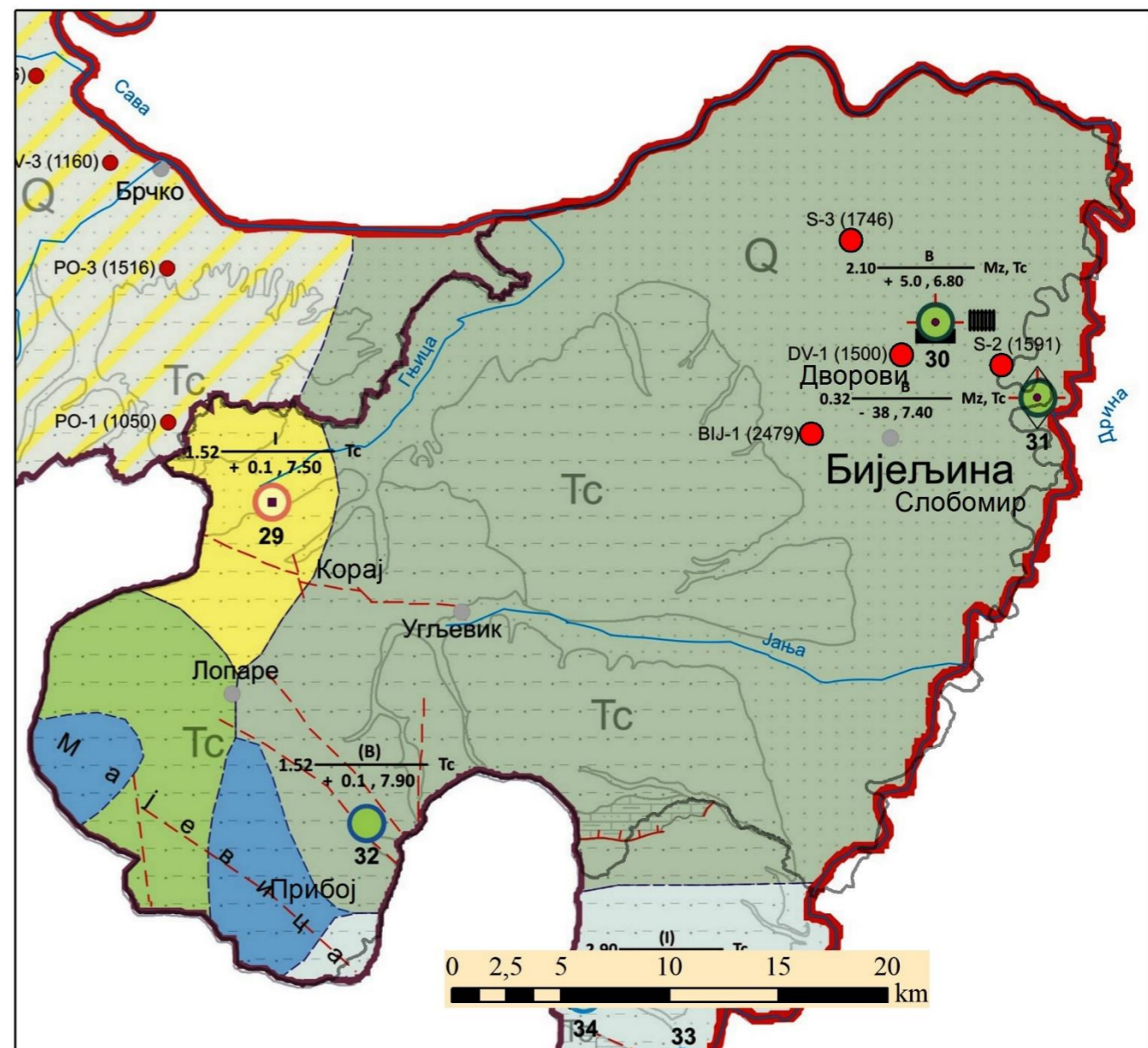
Исјечак хидрогеолошке карте Републике Српске
1:300 000



Хидрогеолошка својства (опис и водопрпусност)

- Интергрануларна порозност, добра водопрпусност 1.1
- Интергрануларна порозност, средња водопрпусност 1.2
- Интергрануларна и пукотинска порозност, слаба водопрпусност 2.0
- Каверозно - пукотинска порозност, добра водопрпусност 3.1
- Каверозно - пукотинска порозност, средња водопрпусност 3.2
- Пукотинска порозност, слаба водопрпусност 4
- Практично непрпусни терени, врло слаба водопрпусност 5

Исјечак карте термалних, минералних и термоминералних вода
Републике Српске, 1:300 000



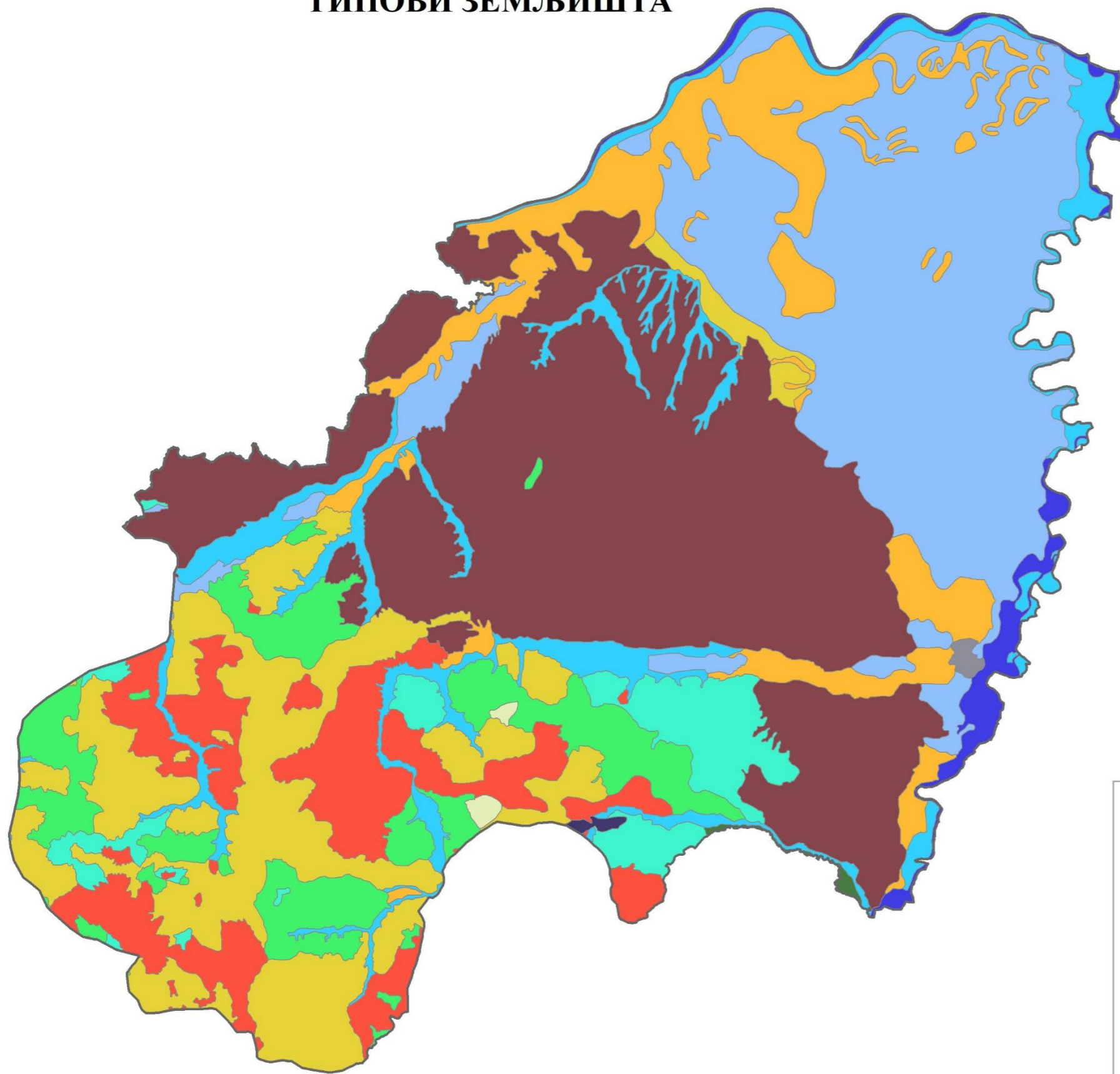
Локације термалних, минералних, термоминералних извора

- Хидрокарбонатно-хлоридно-Na и Ca-Na, са М 1-5 g/l, рјеђе до 35 g; морског или мијешаног поријекла
- Хидрокарбонатно-хлоридно-Na и Ca-Na, са М 1-5 g/l, рјеђе до 35 g, морског или мијешаног поријекла
- Сулфатно-хидрокарбонатно-Mg-Ca и Na-Mg-Ca, са М до 5 g/l, рјеђе преко 5 g/l, атмосферског порјекла
- Значајна бушотина

Хидрогеохемијске провинције термалних, минералних и термоминералних вода

- Хидрокарбонатно-Ca, Mg - Ca и Mg-Ca-Na, са М до 5 g/l
- Хидрокарбонатно-сулфатне, различитог катј. састава, М 1-5g/l, рјеђе преко 5g али азотне
- Хидрокарбонатно хлоридно натријумске, са М 1-15 g/l, метанске и N₂CH₄
- Хидрокарбонатно хлоридно натријумске, са М 1-15 g/l
- Хлоридно -Na, Na - Ca, са М 1 - 35 g/l, метанске и N₂CH₄

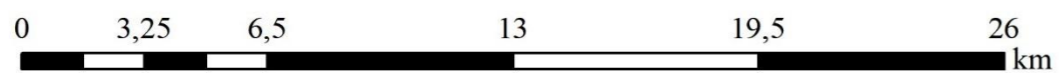
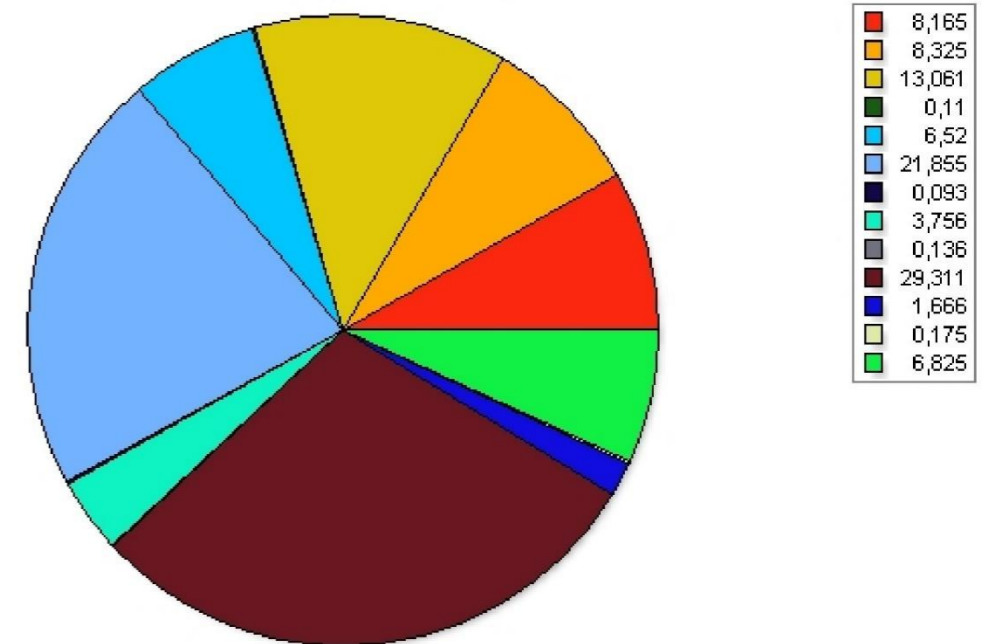
ТИПОВИ ЗЕМЉИШТА



Типови земљишта (НК)

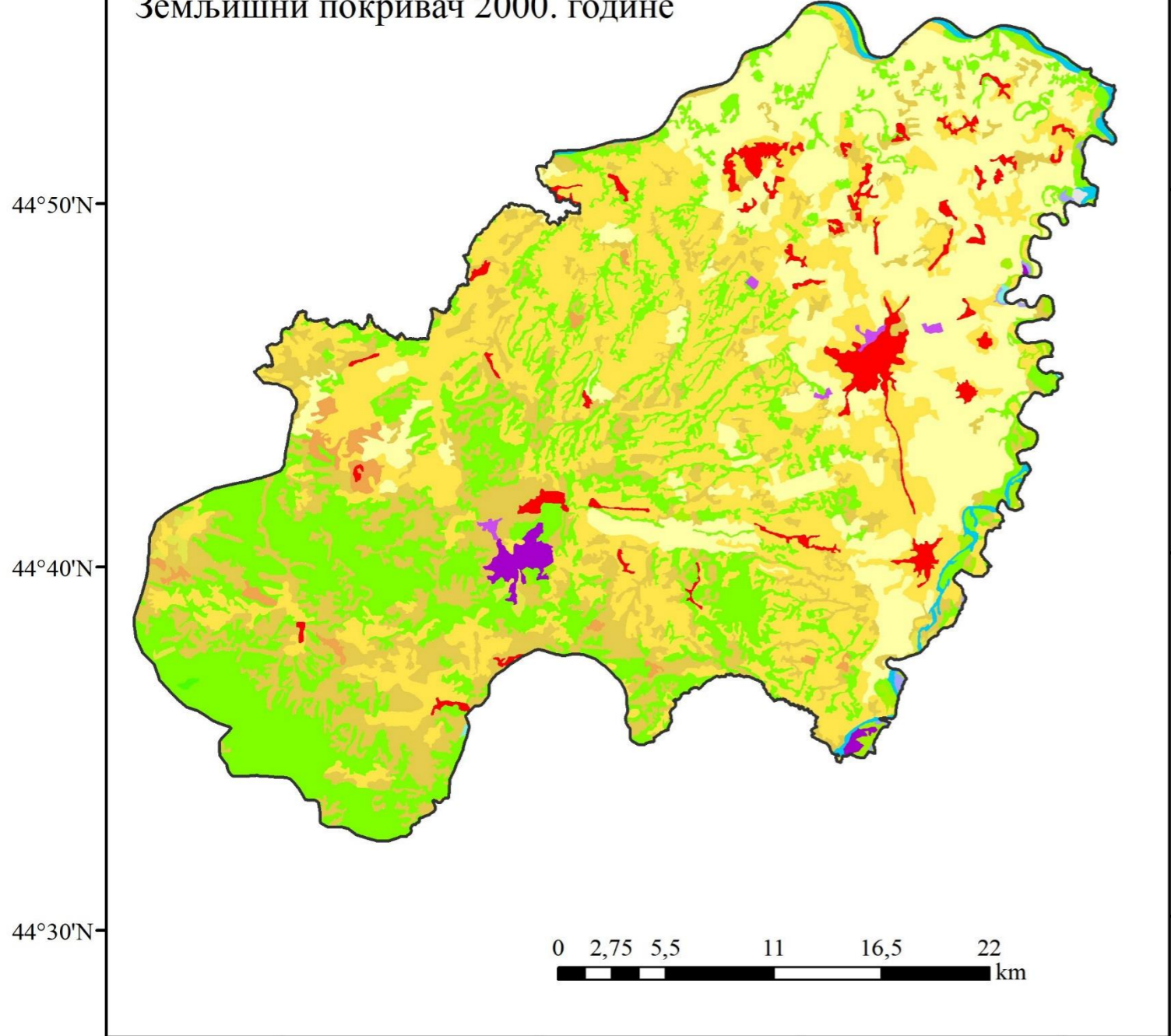
- Антропосол
- Вертисол
- Водно земљиште
- Дистрични камбисол
- Еуглеј
- Еутрични камбисол
- Еутрични камбисол, вертисол, калкокаменосол
- Литосол
- Лувисол
- Псеудоглеј
- Техносол
- Флувисол
- Хумофлувисол

Типови земљишта према % заступљености



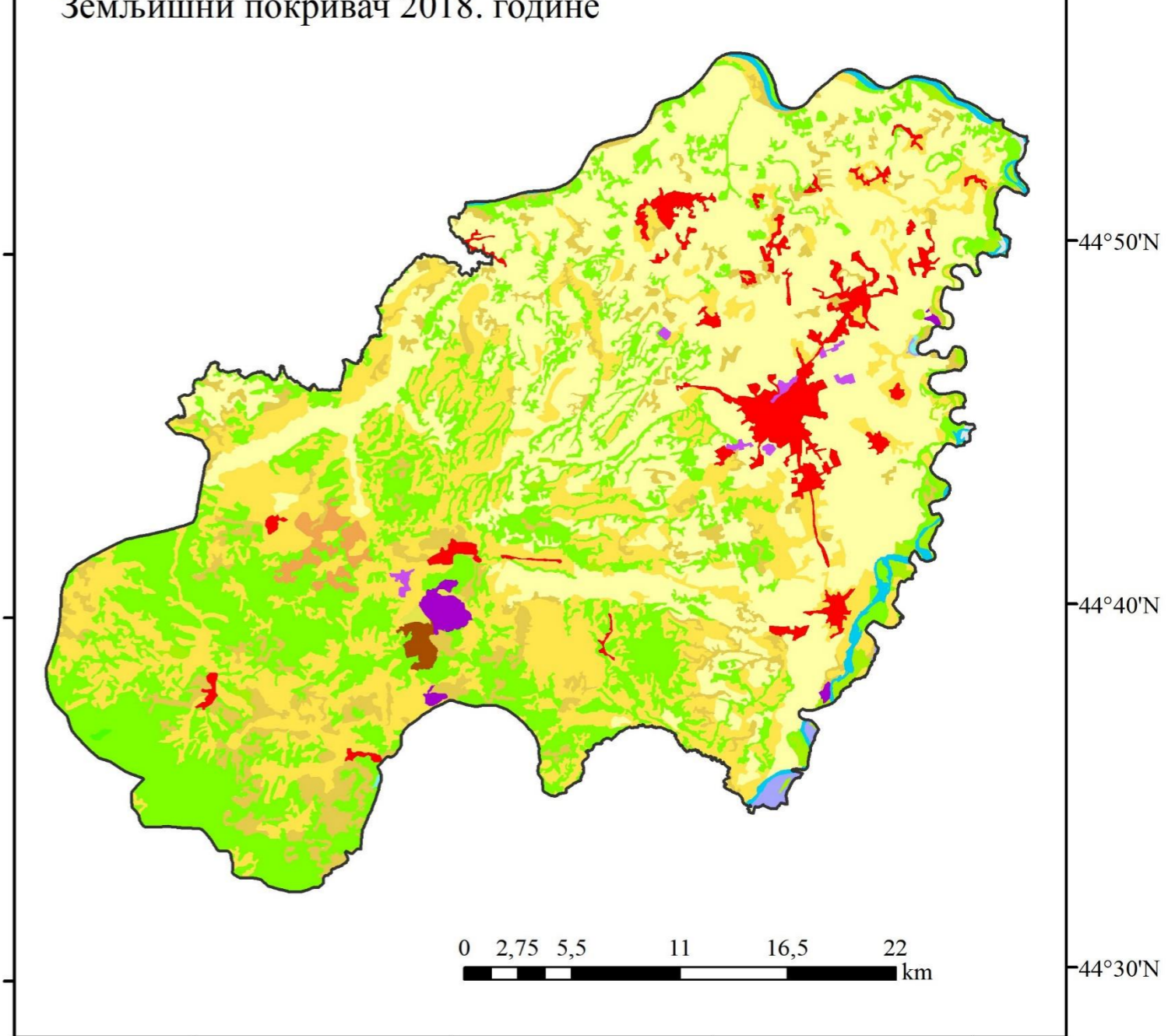
18°50'E 19°0'E 19°10'E 19°20'E

Земљишни покривач 2000. године



18°50'E 19°0'E 19°10'E 19°20'E

Земљишни покривач 2018. године



Класе земљишног покривача

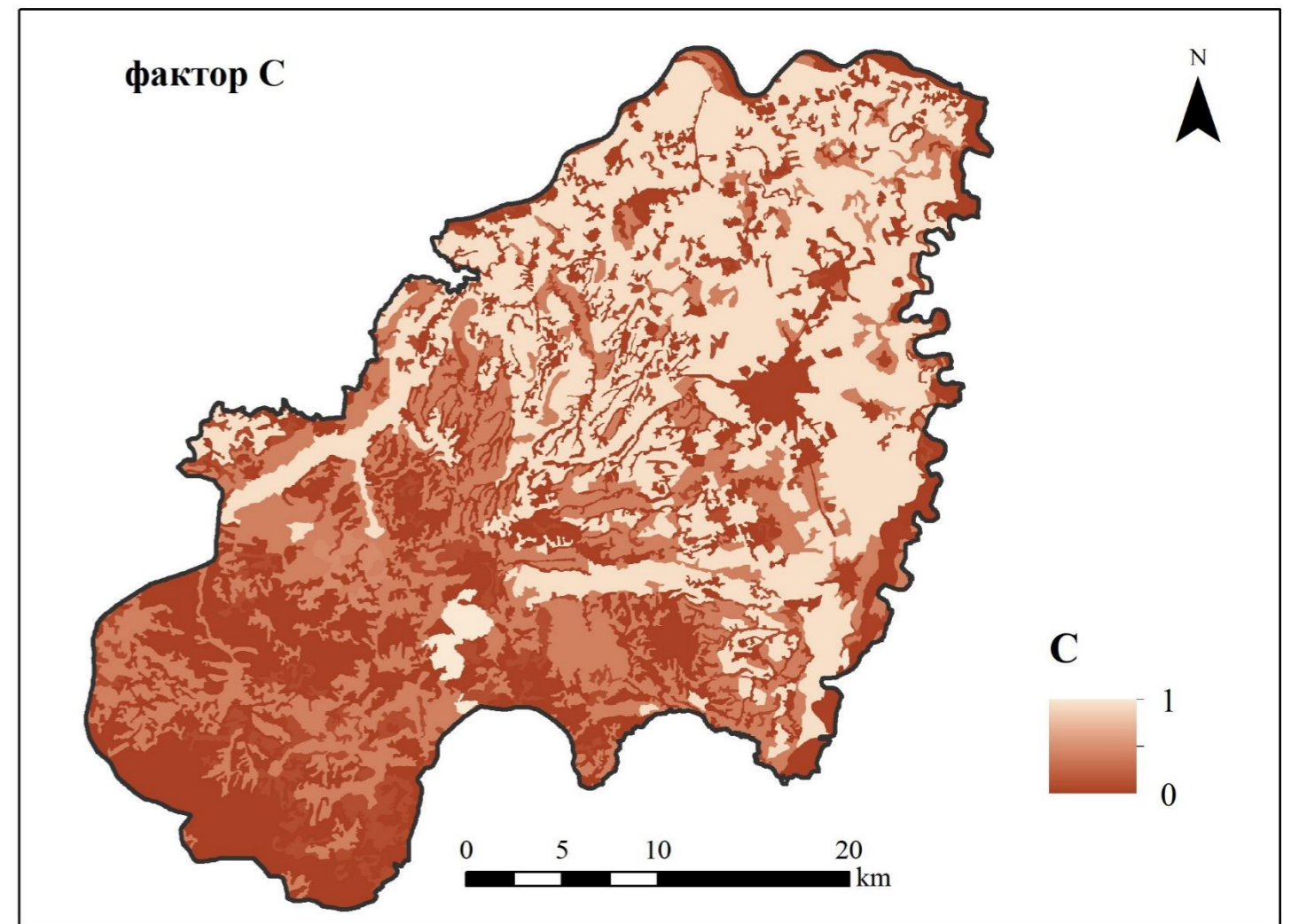
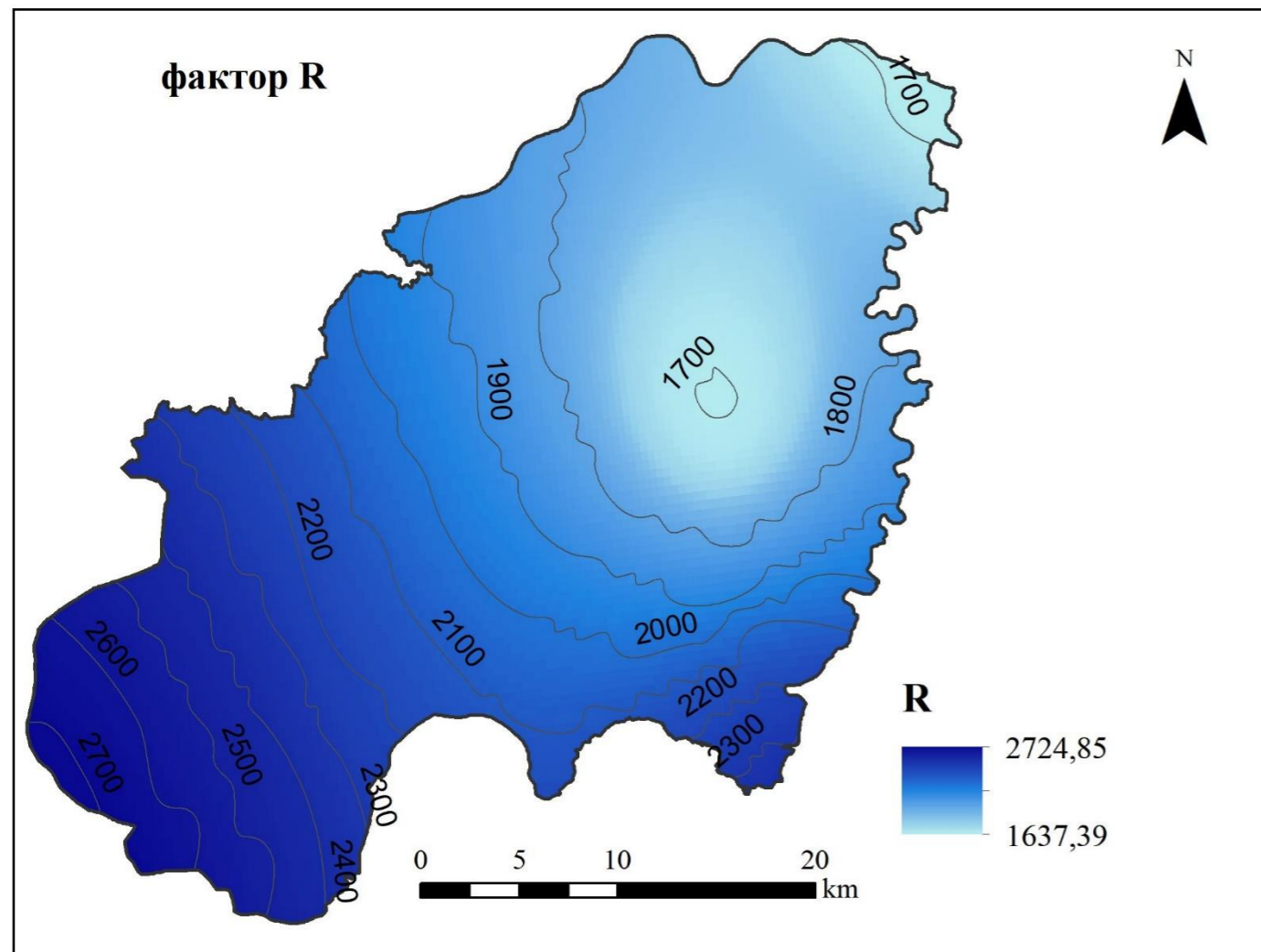
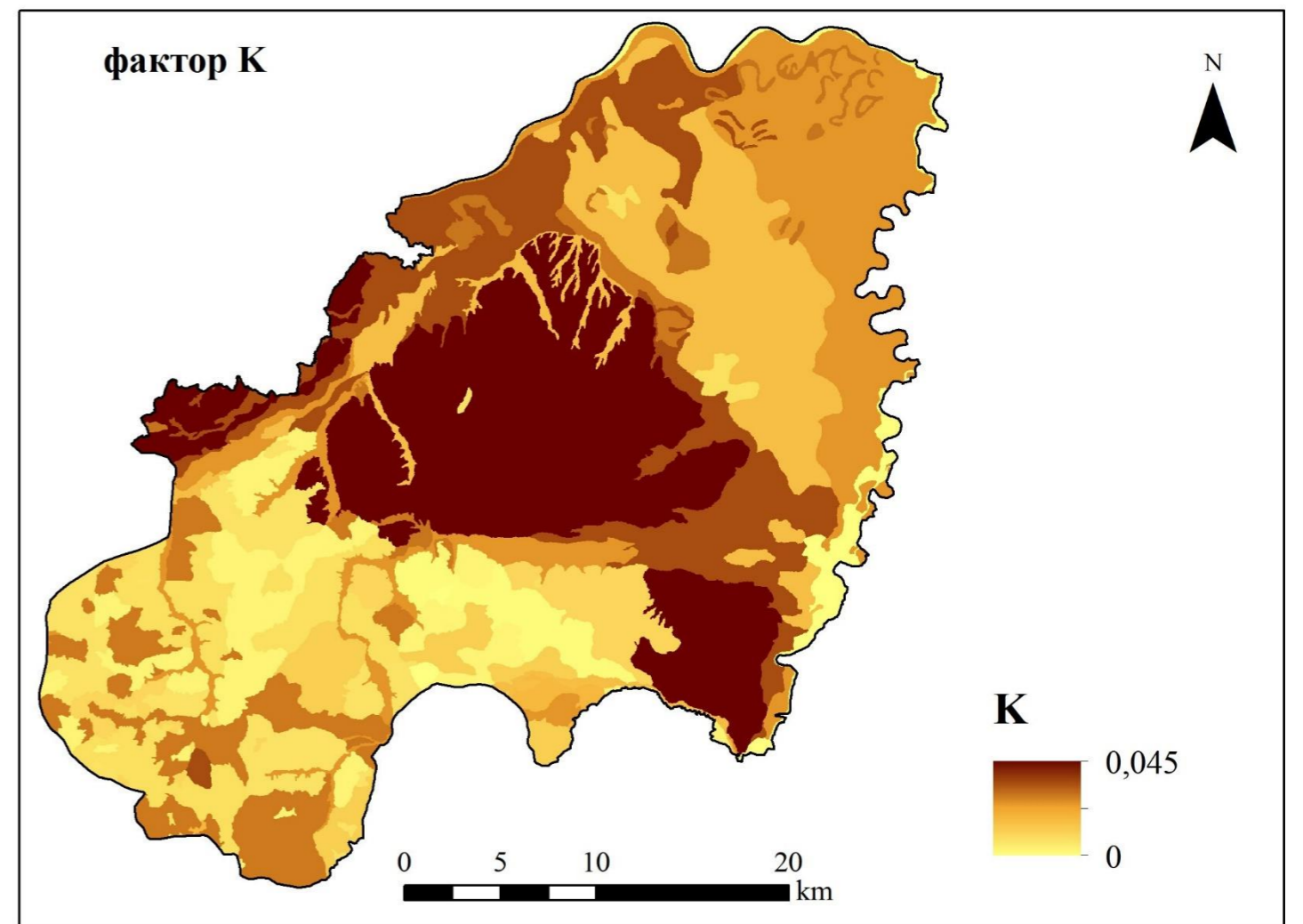
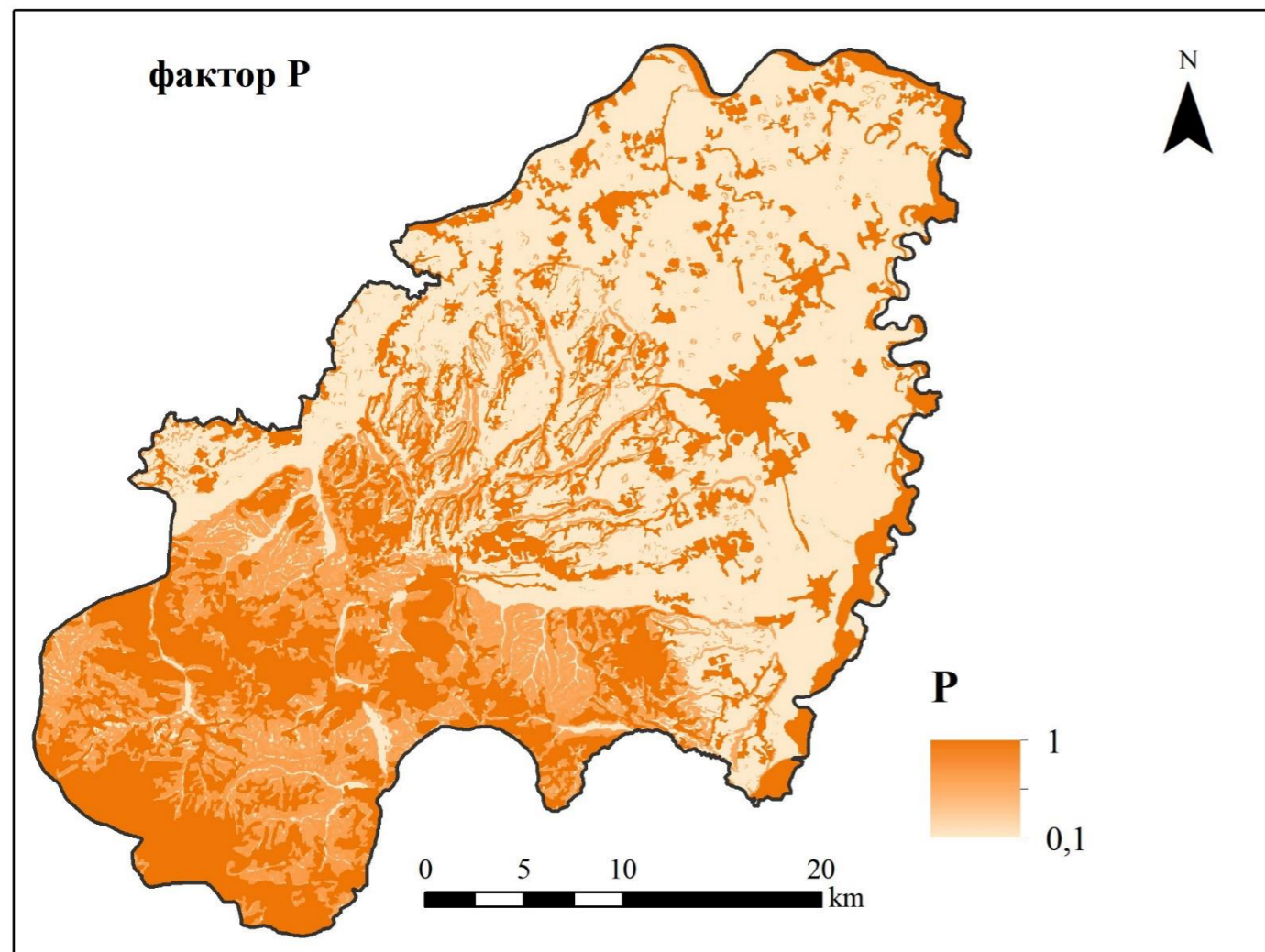
- 112: Растурено изграђени терени
- 121: Индустрijски и пословни терени
- 131: Површински копови

- 132: Одлагалишта и насипи из рудника
- 211: Оранице ван система за наводњавање
- 222: Воћњаци и вишегодишње плантаже
- 231: Ливаде и пашњаци

- 242: Комбиновани системи култура и парцела
- 243: Претежно пољопривредни терени са високим учешћем природне вегетације
- 311: Листопадне шуме
- 313: Мјешовите шуме

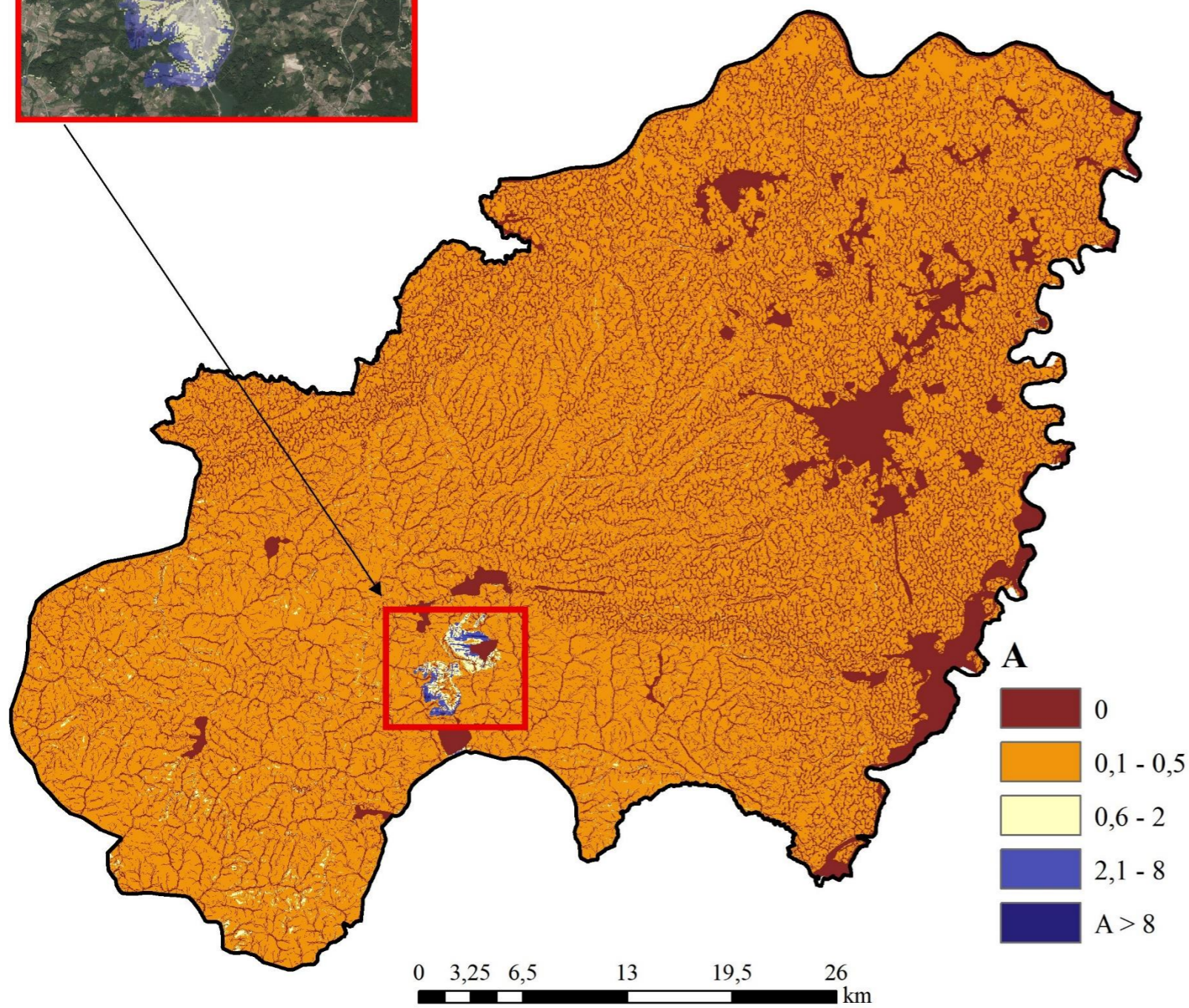
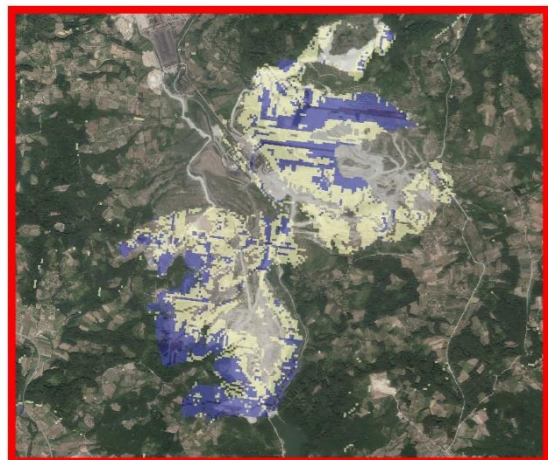
- 324: Прелазни шумско-жбуновити екосистеми
- 331: Плаже, дине и пјешчане равнице
- 411: Копнене мочваре
- 511: Водотоци
- 512: Водена тијела



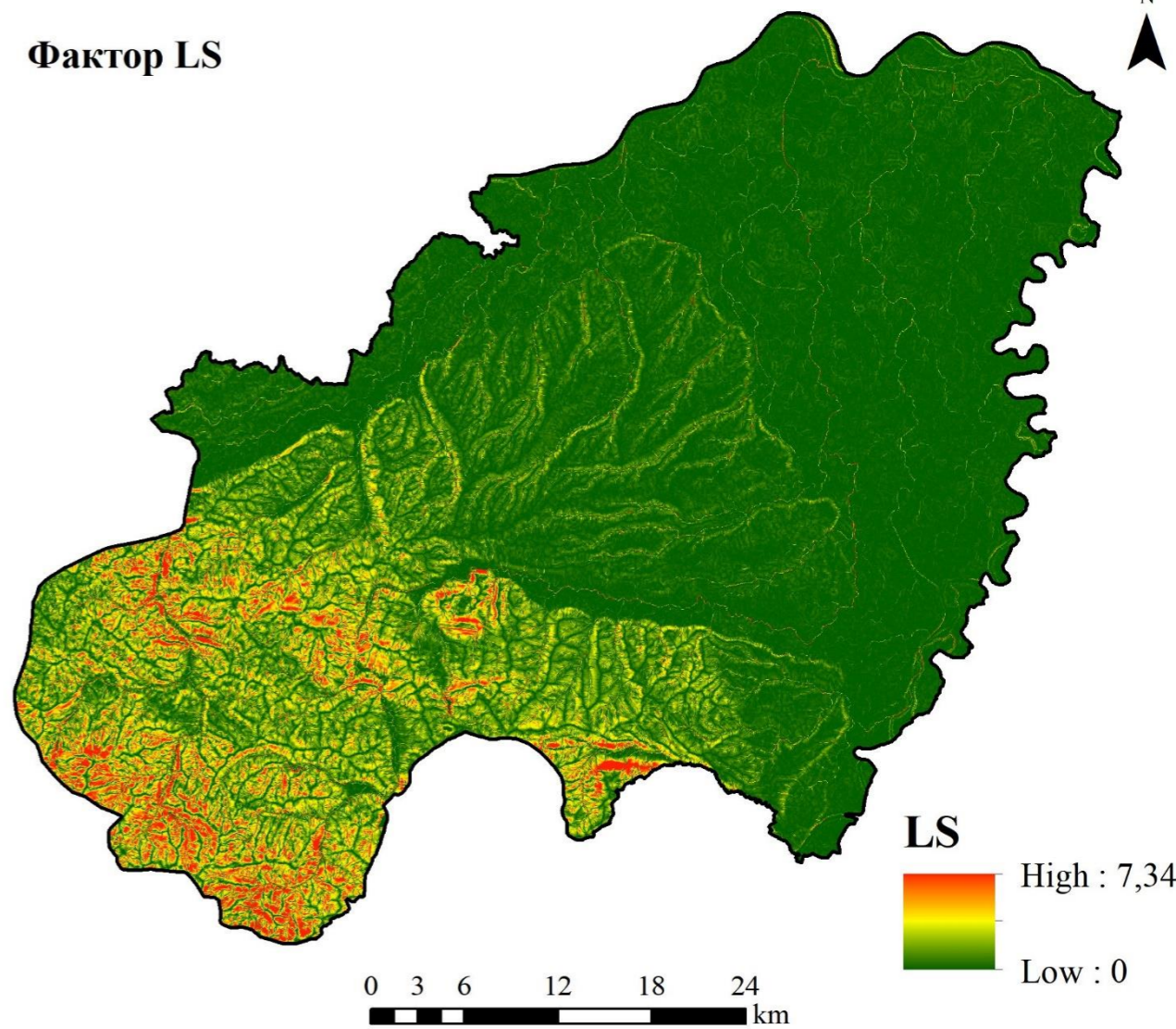


Просјечан годишњи губитак земљишта водном ерозијом

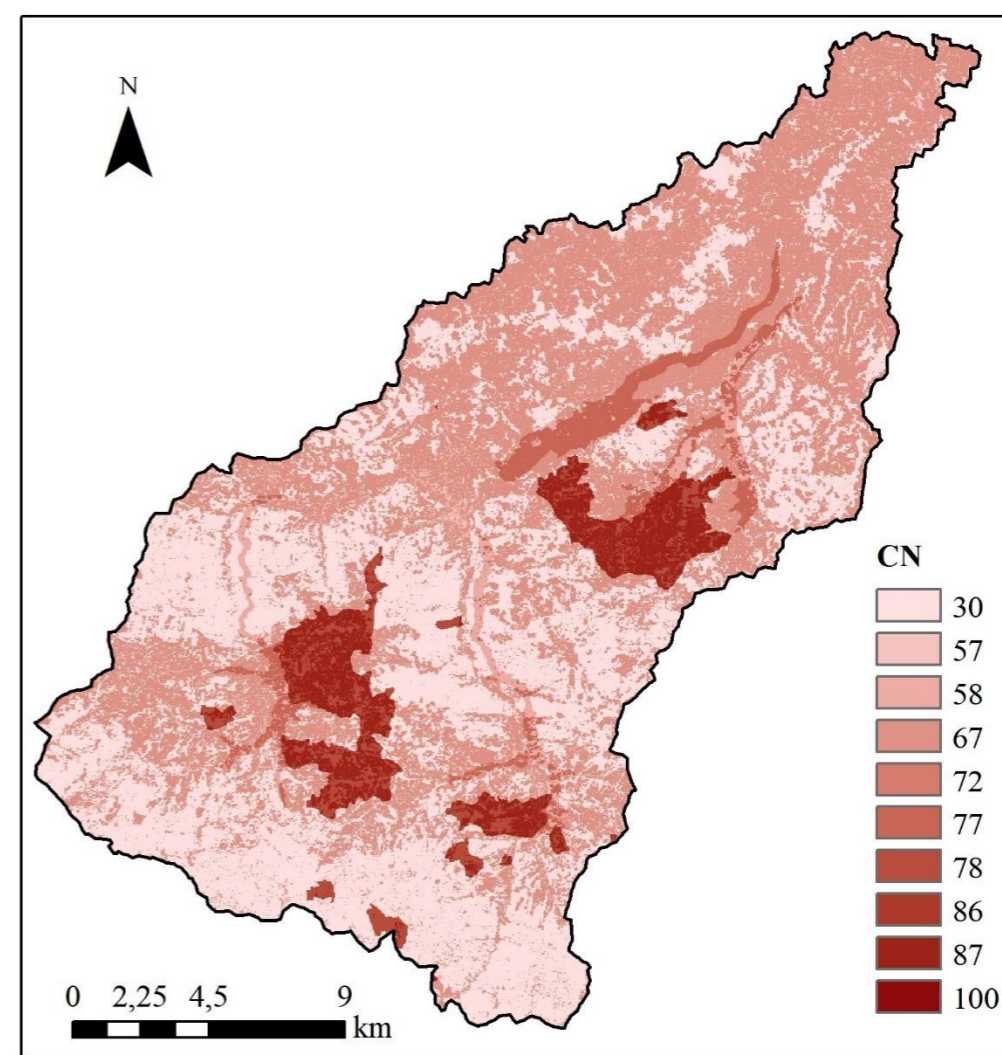
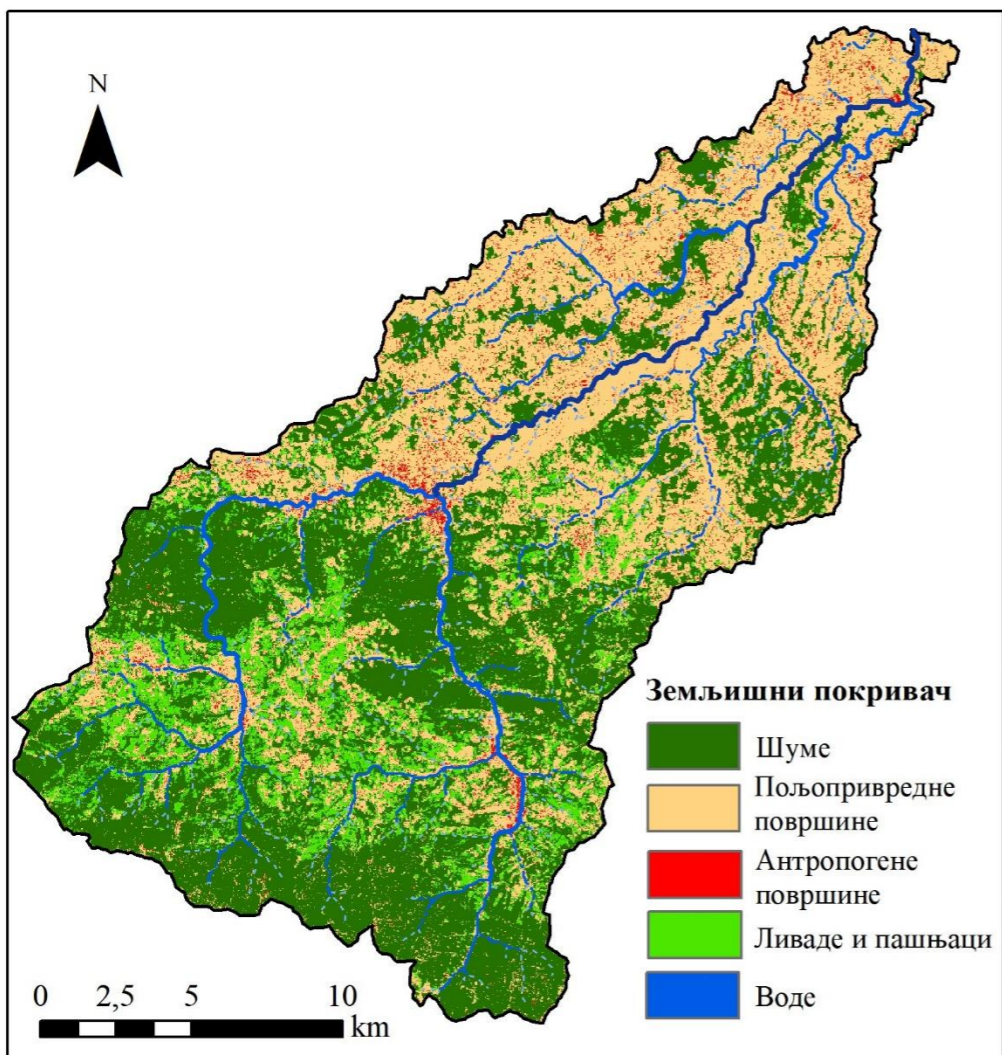
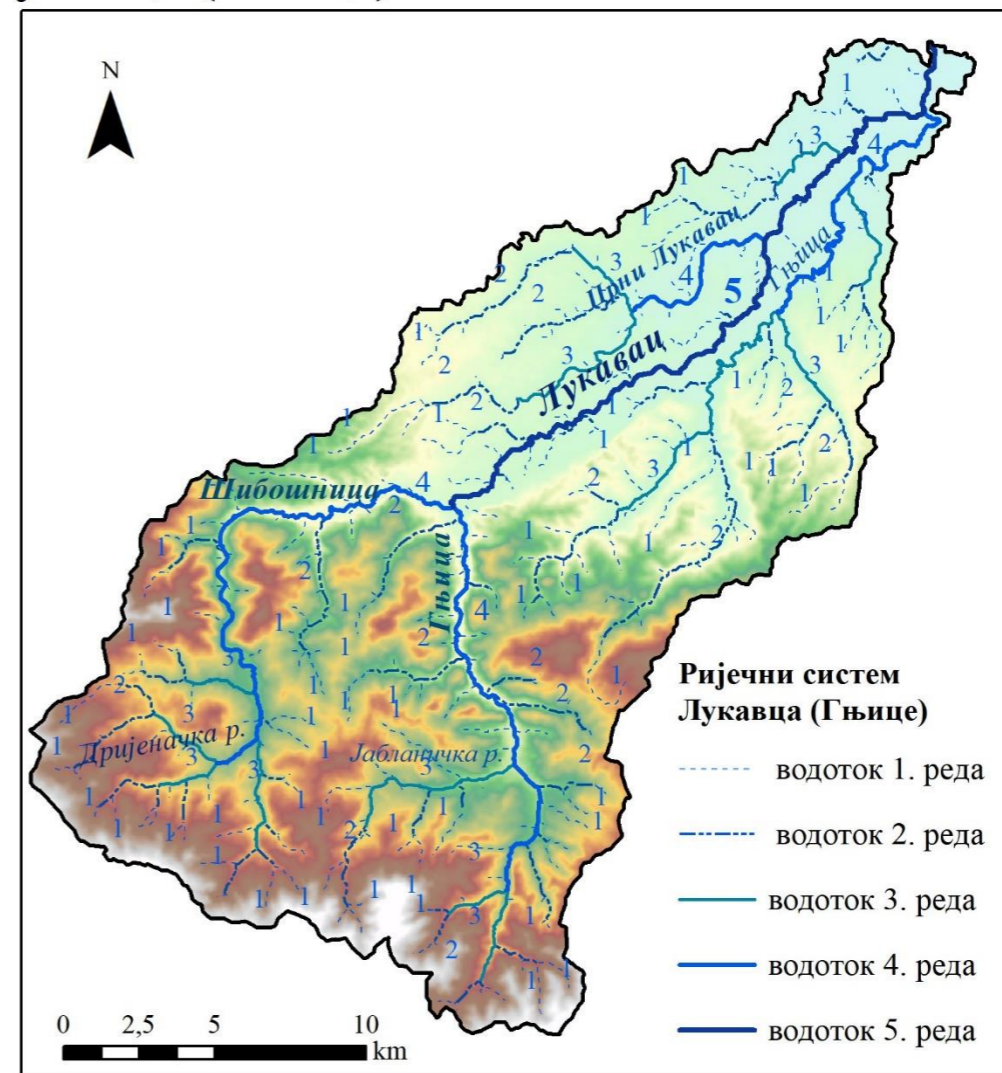
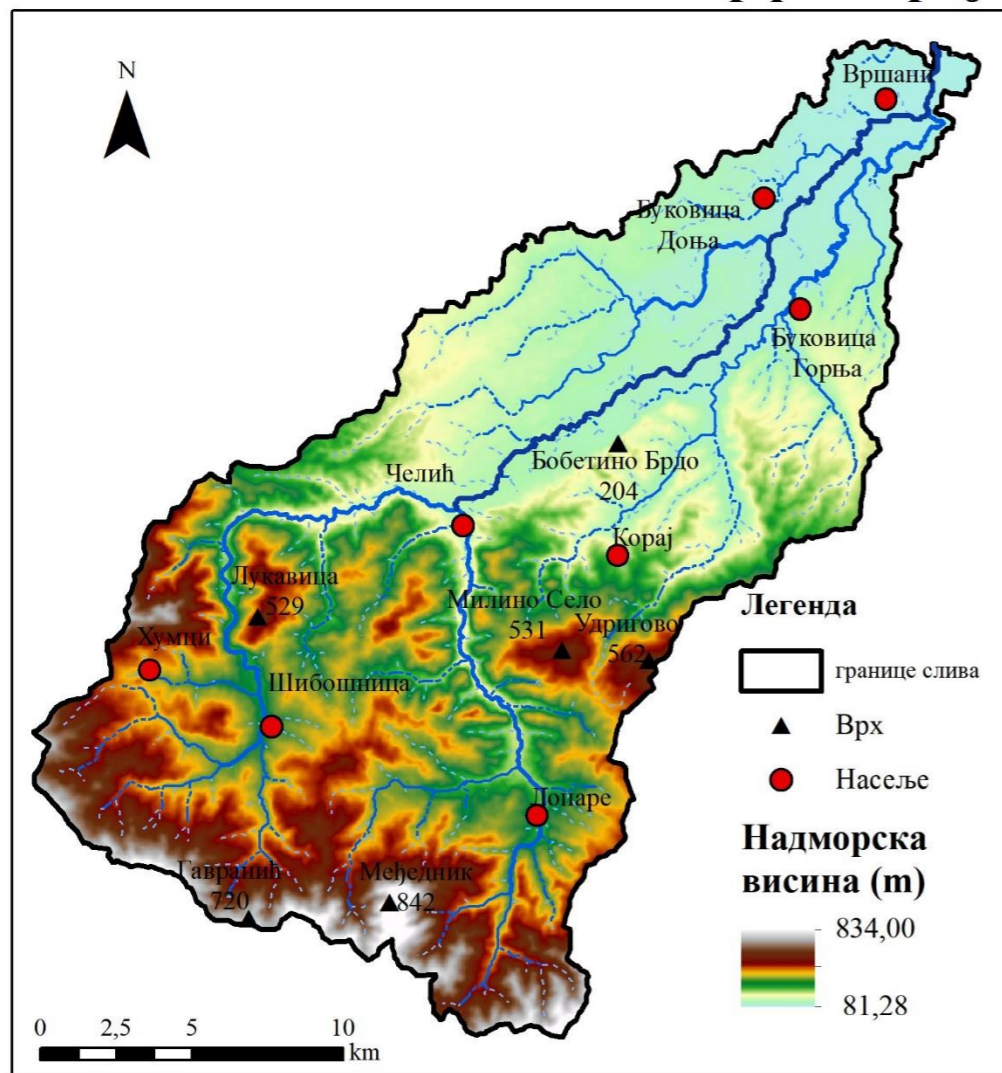
Рударски коп (Богутово Село)



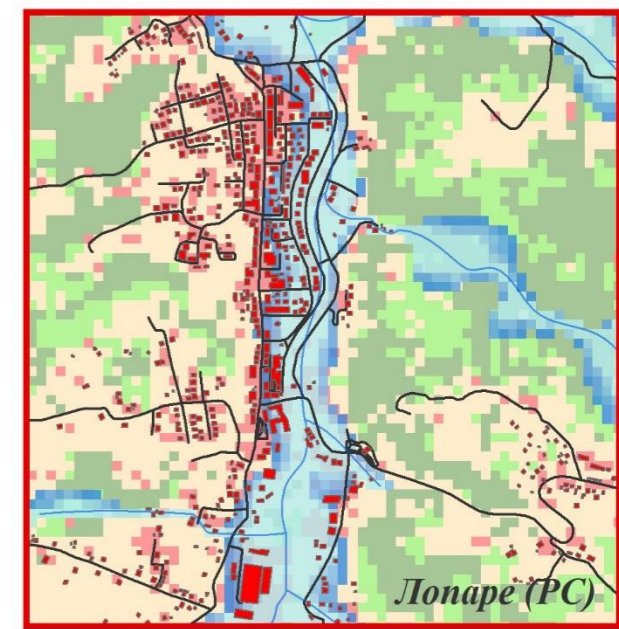
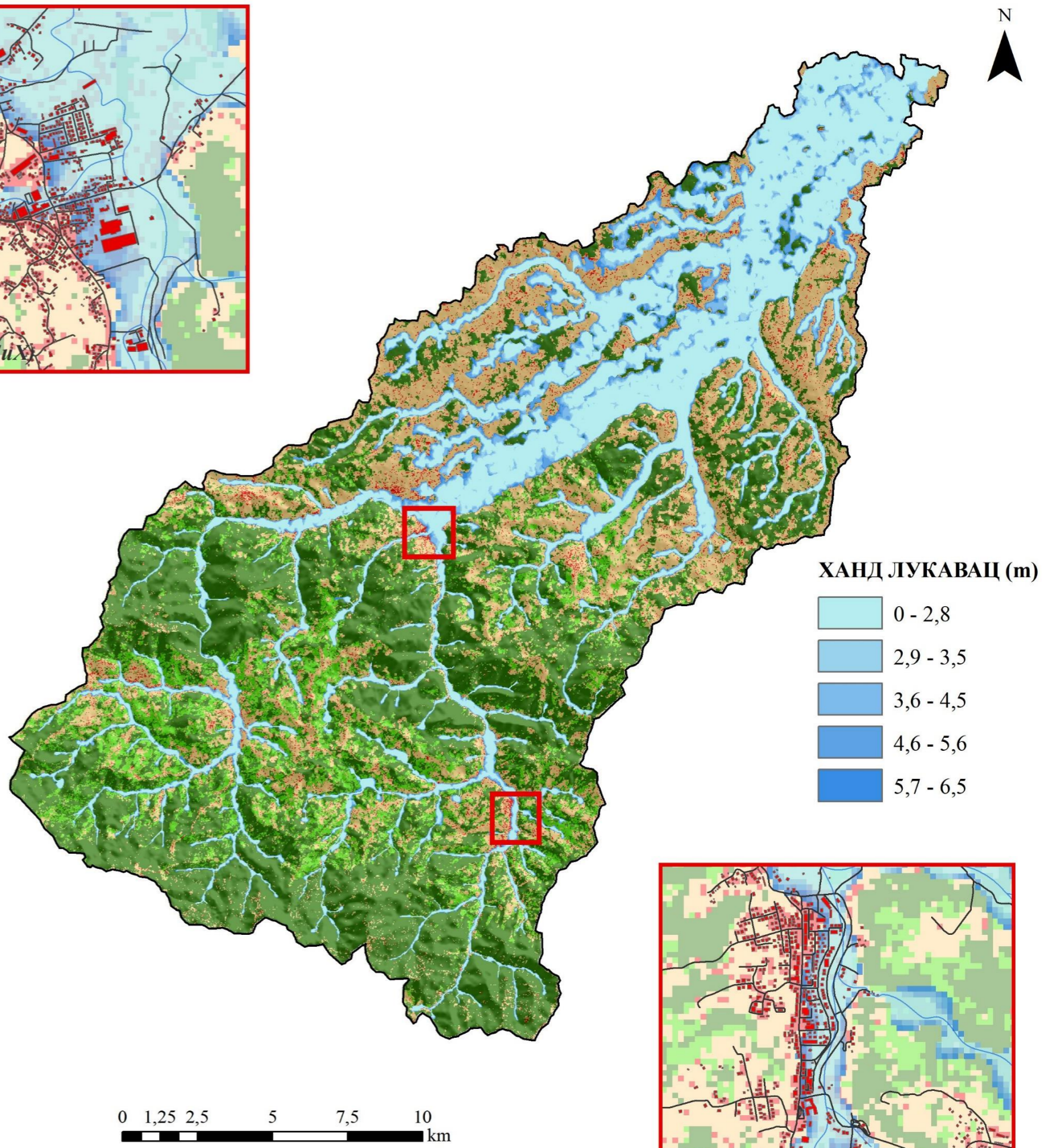
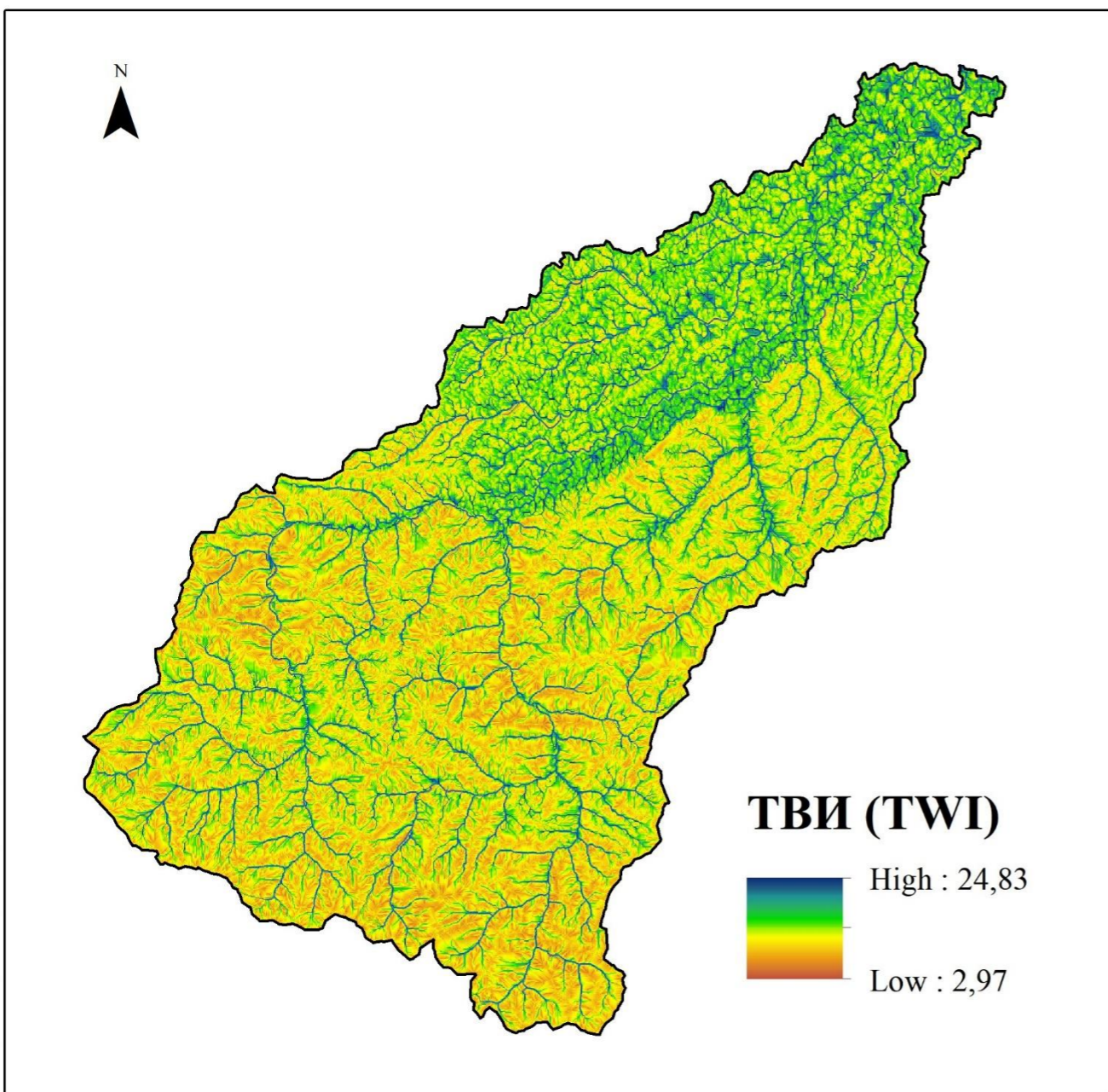
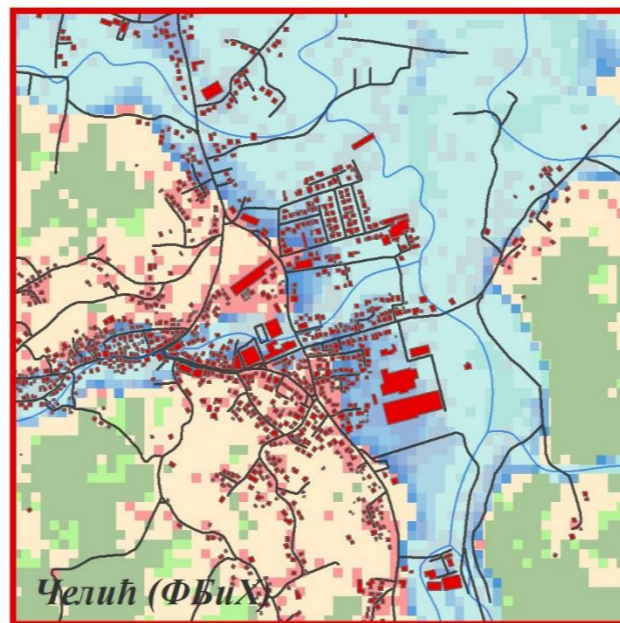
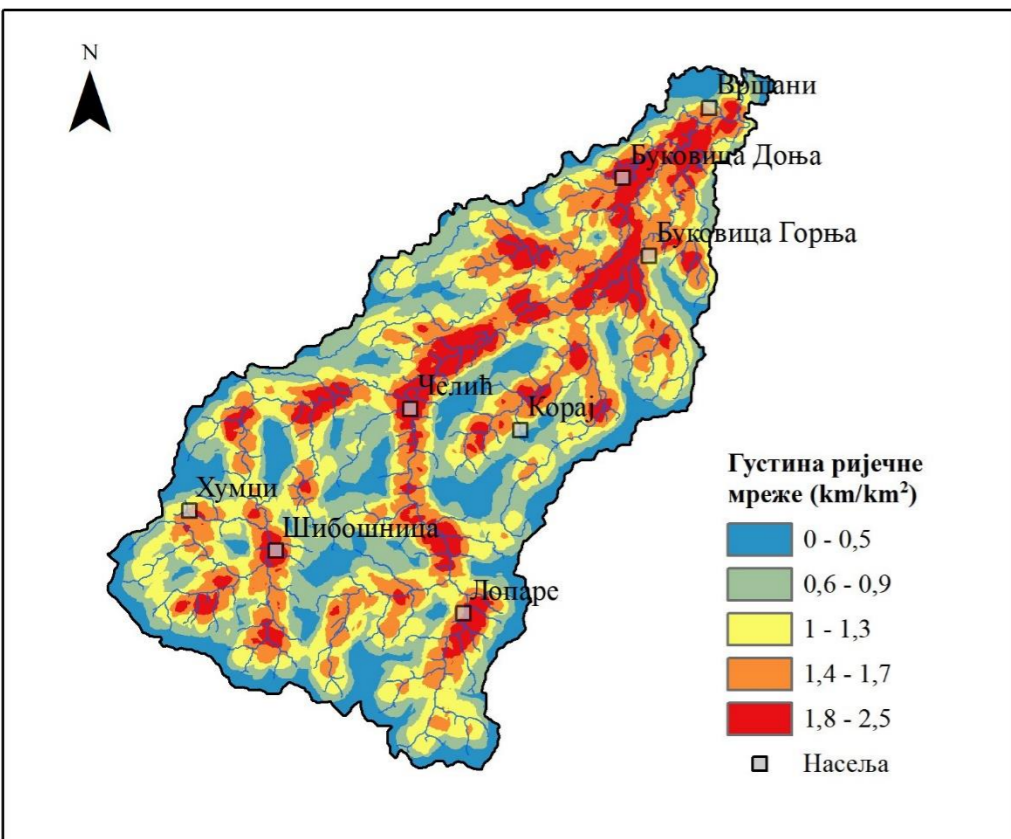
Фактор LS



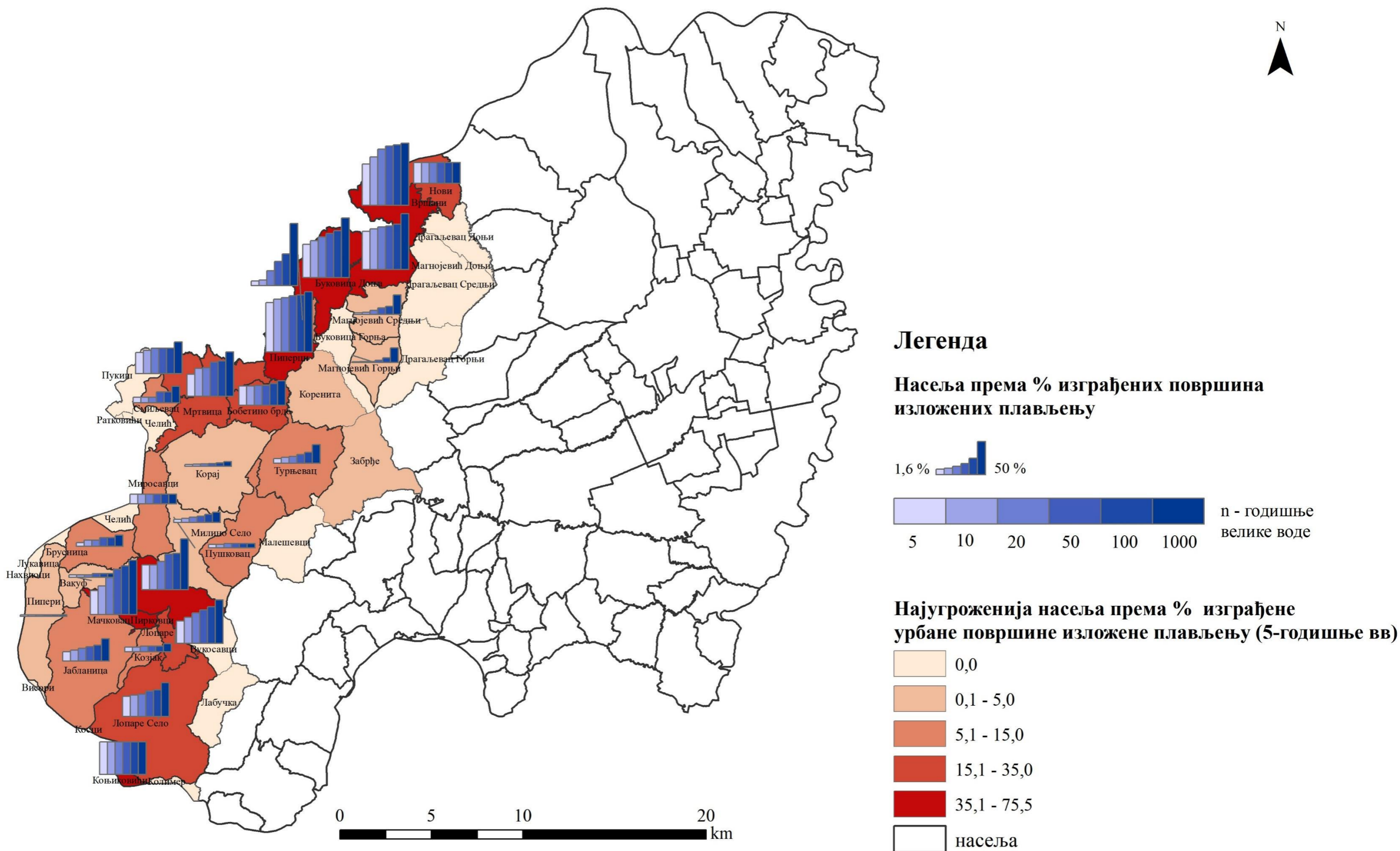
Морфометријске одлике слива Лукавца (Гњице)



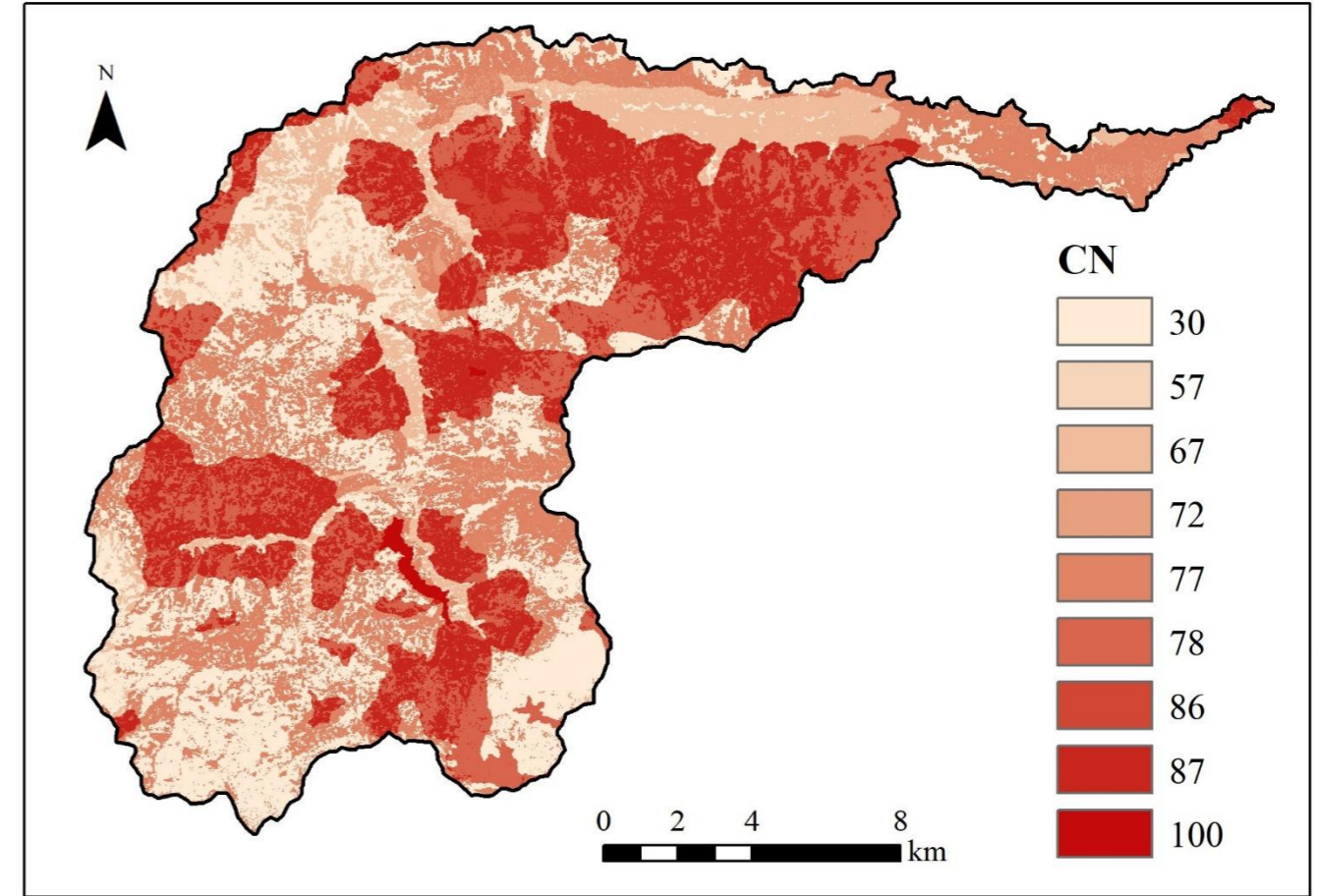
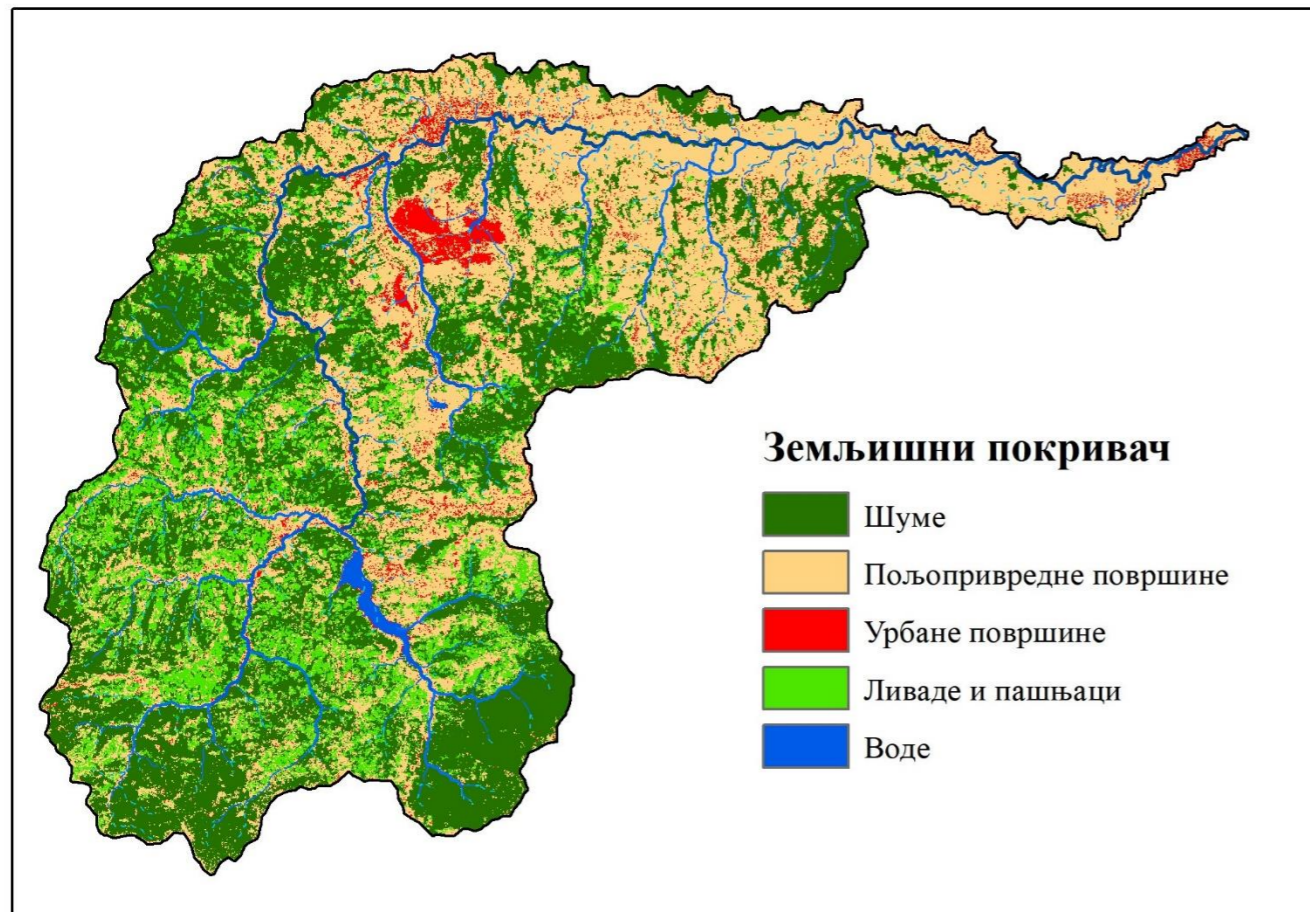
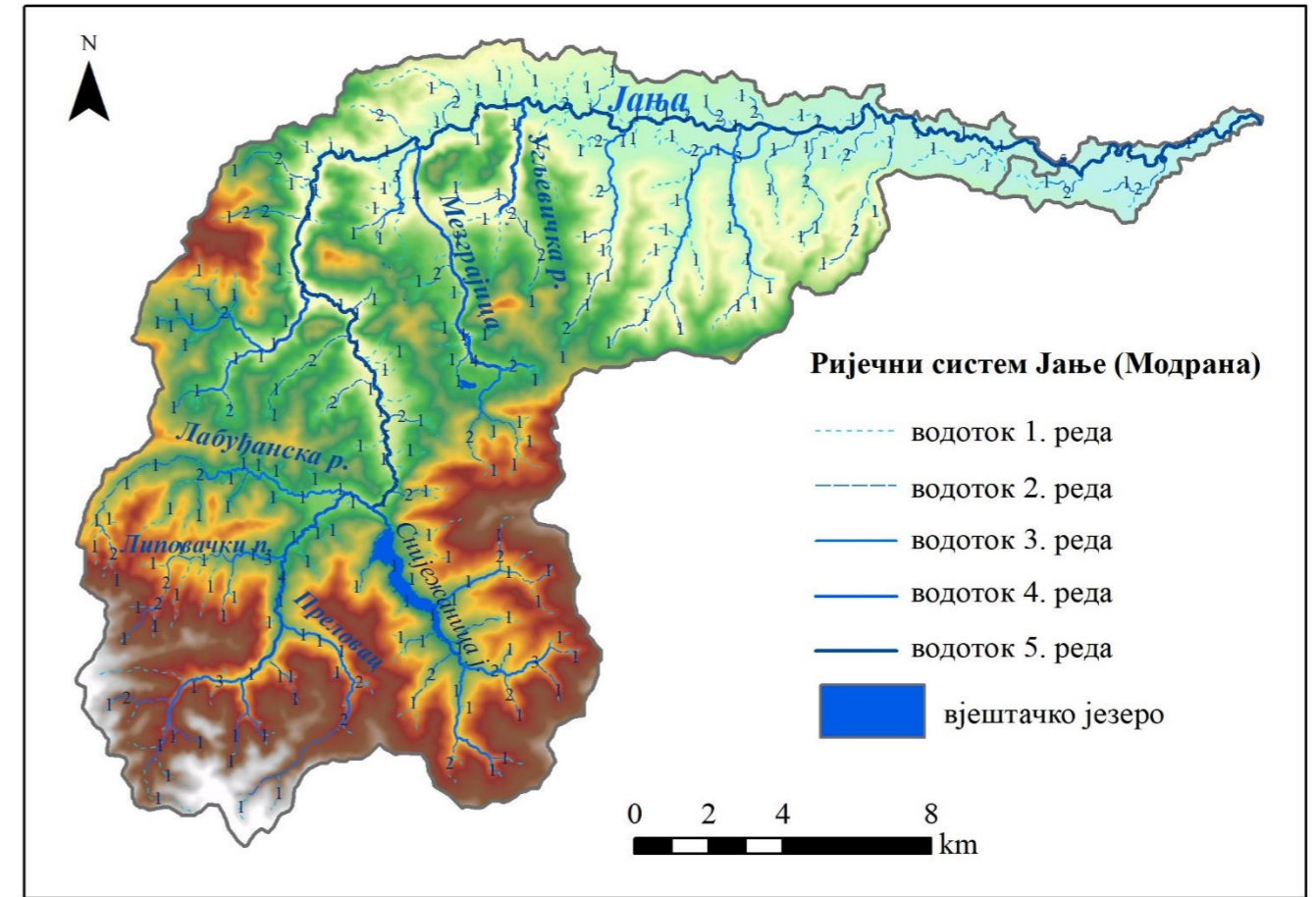
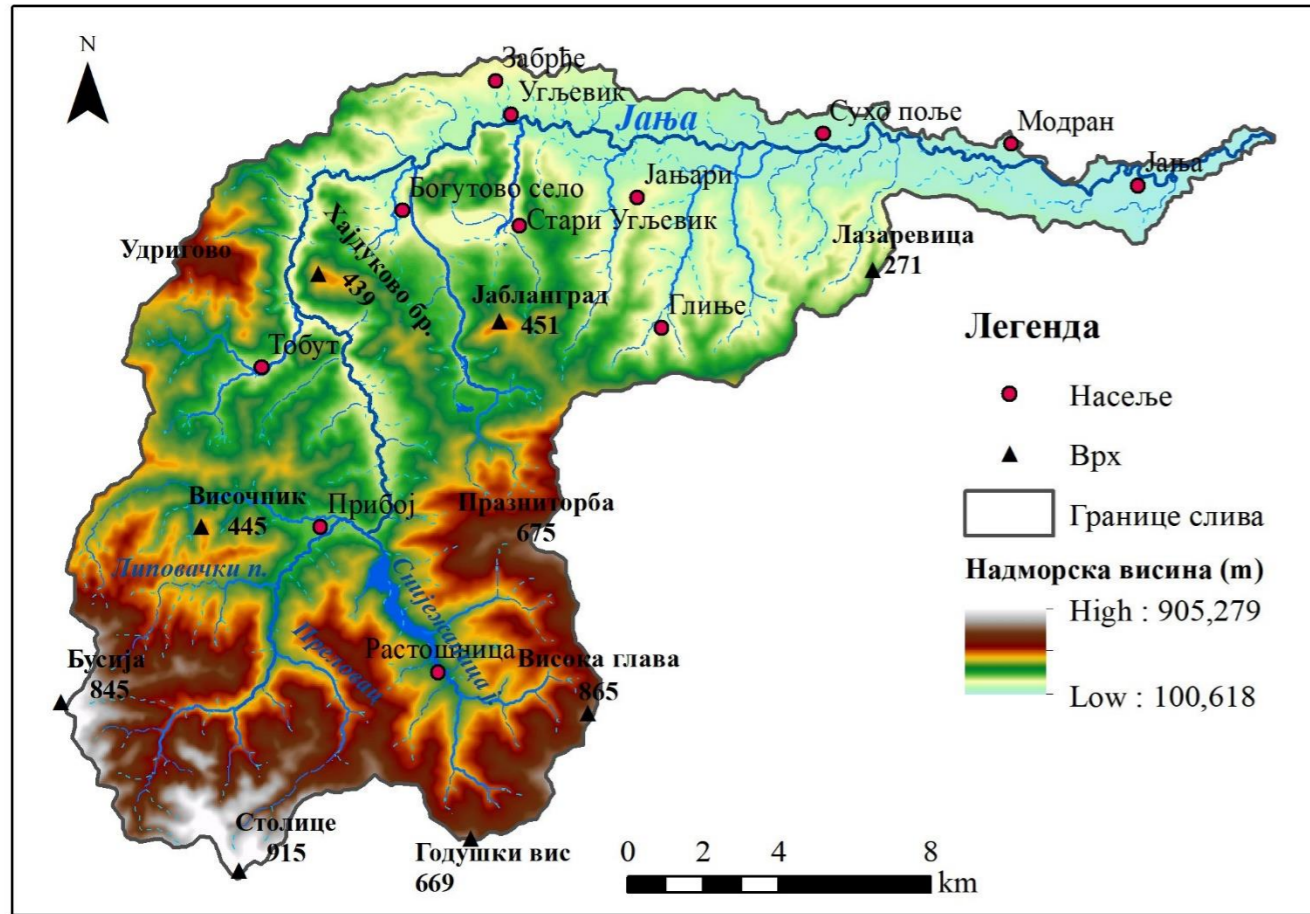
1:250000



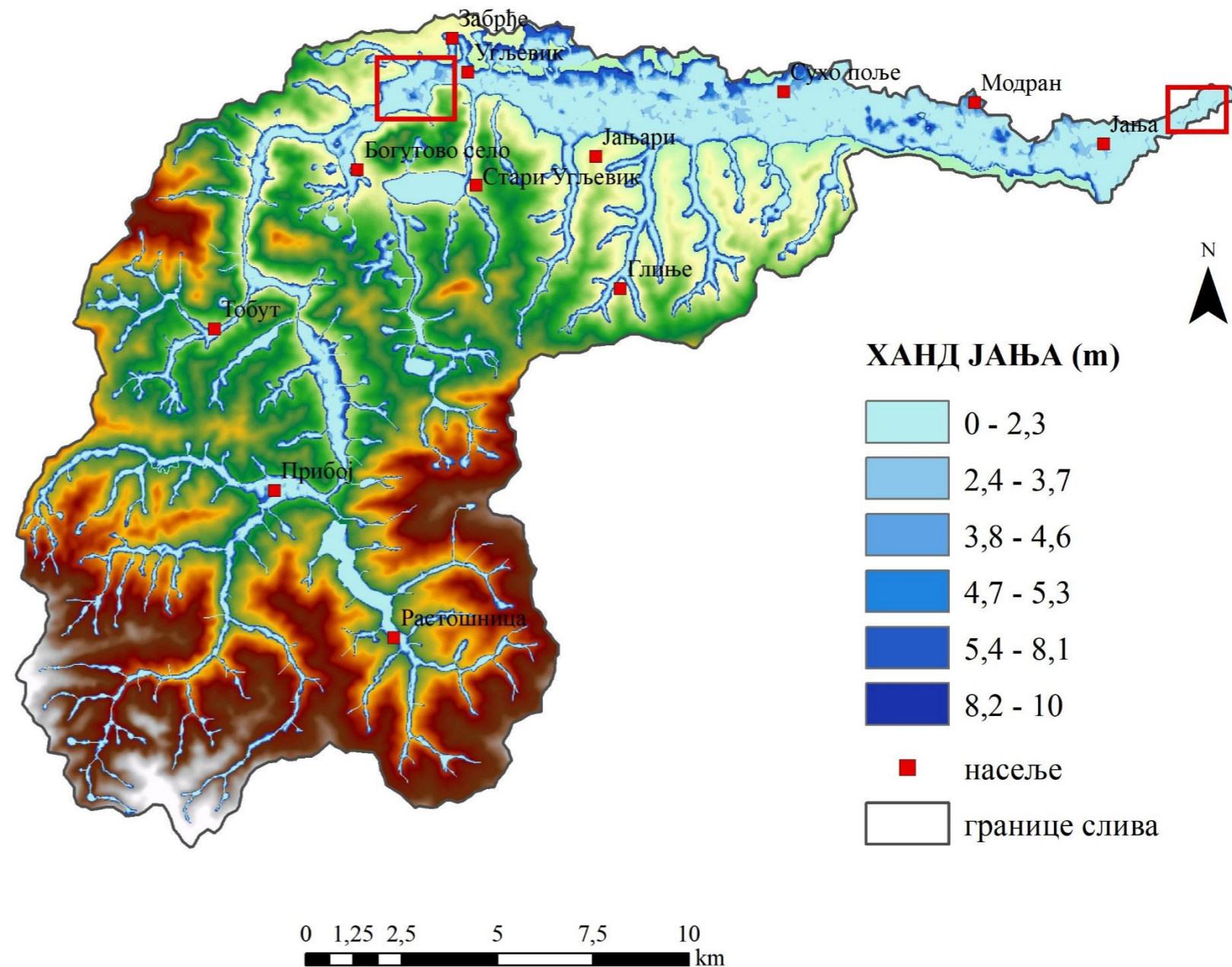
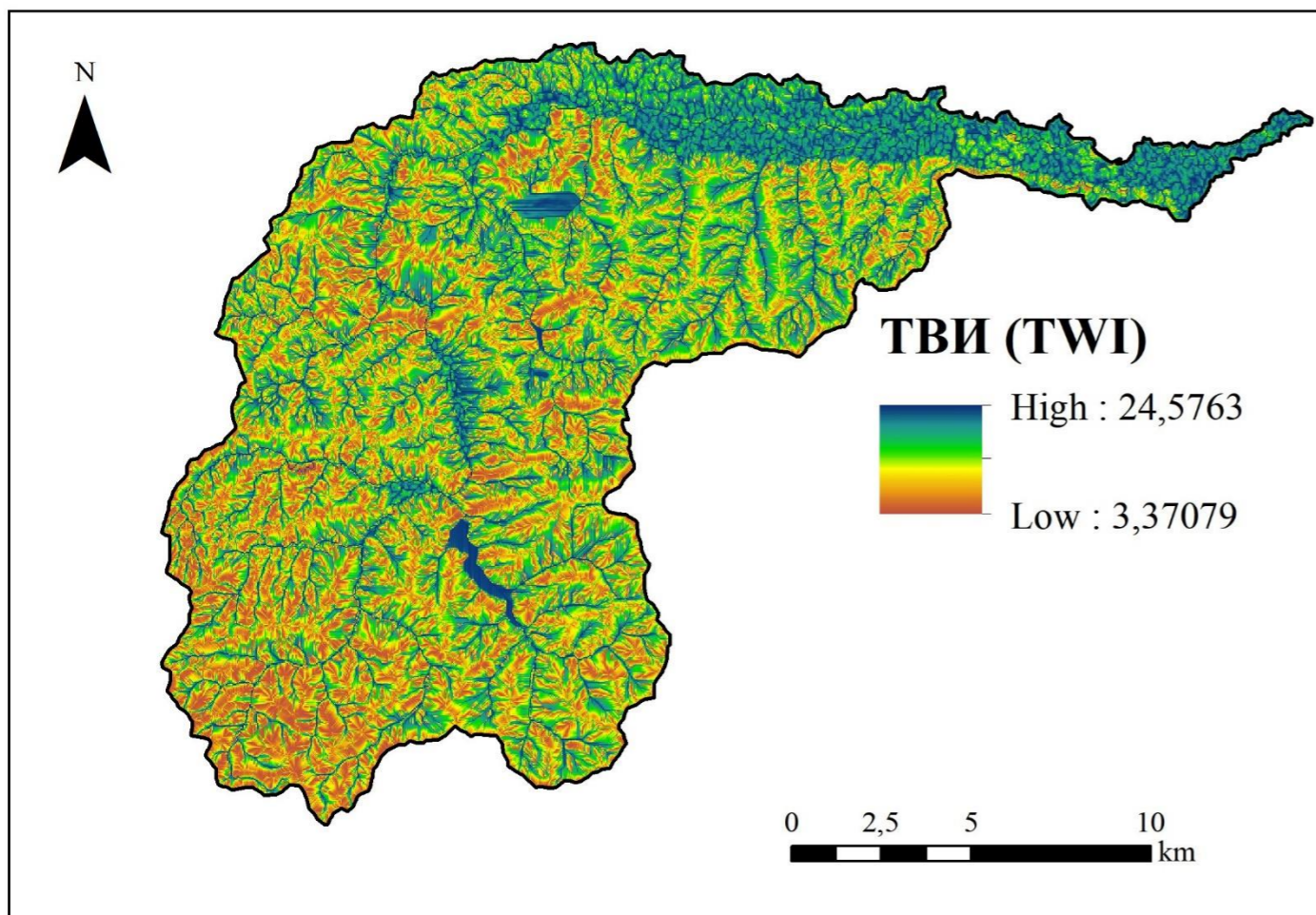
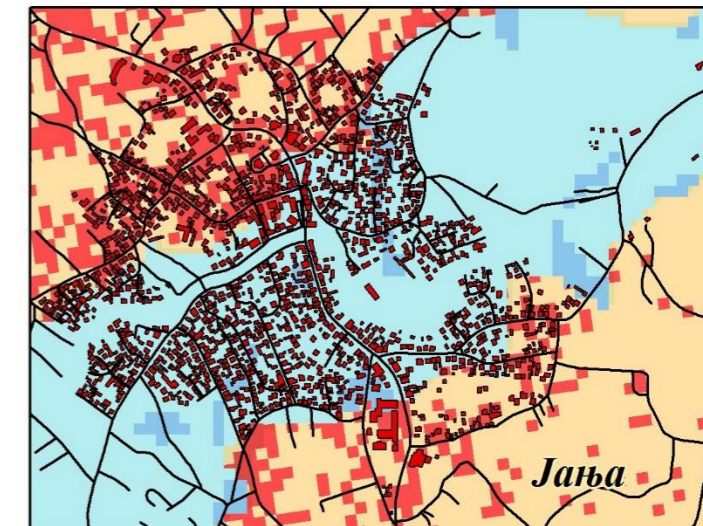
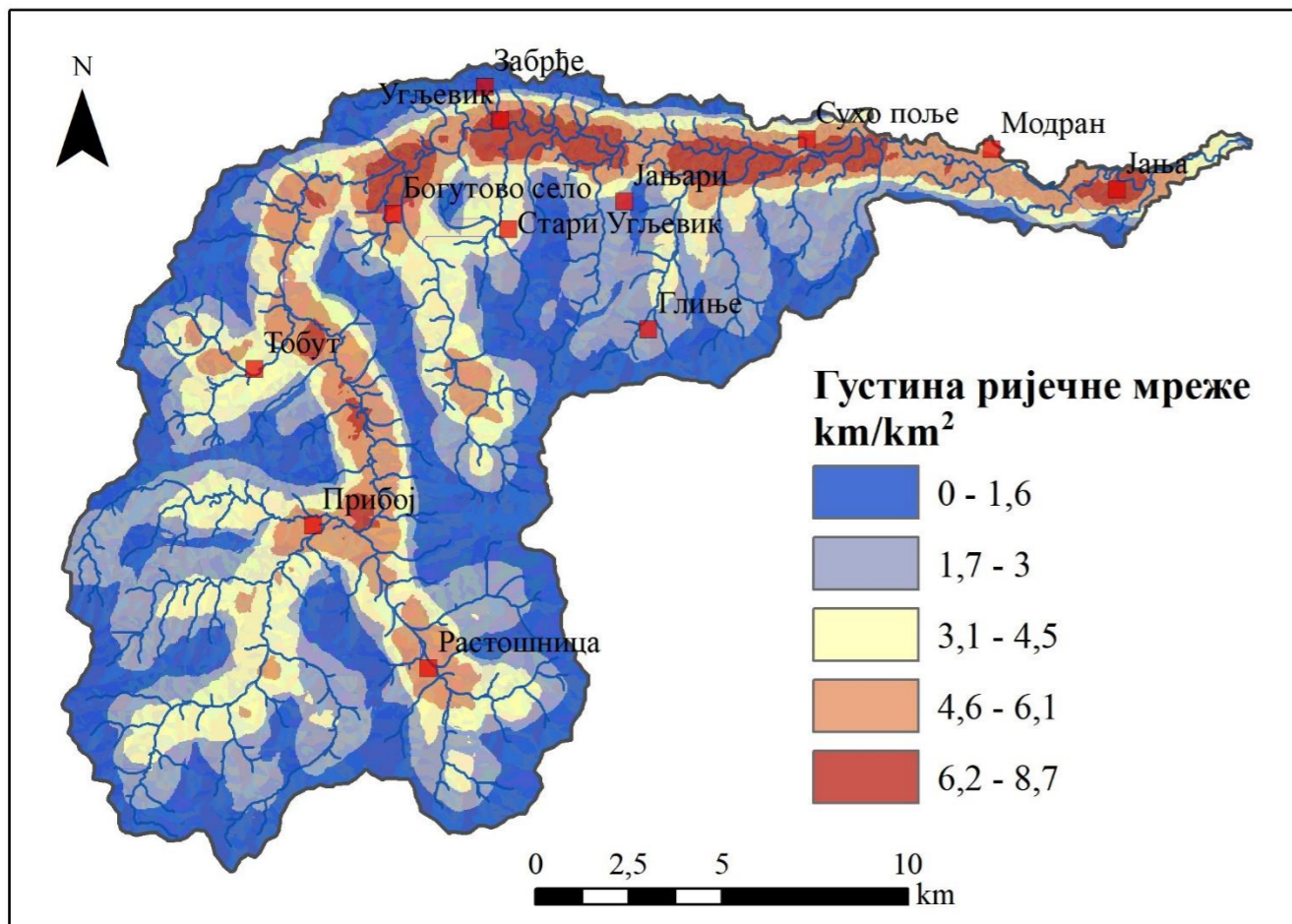
Насеља у сливу Лукавца према угрожености великим водама



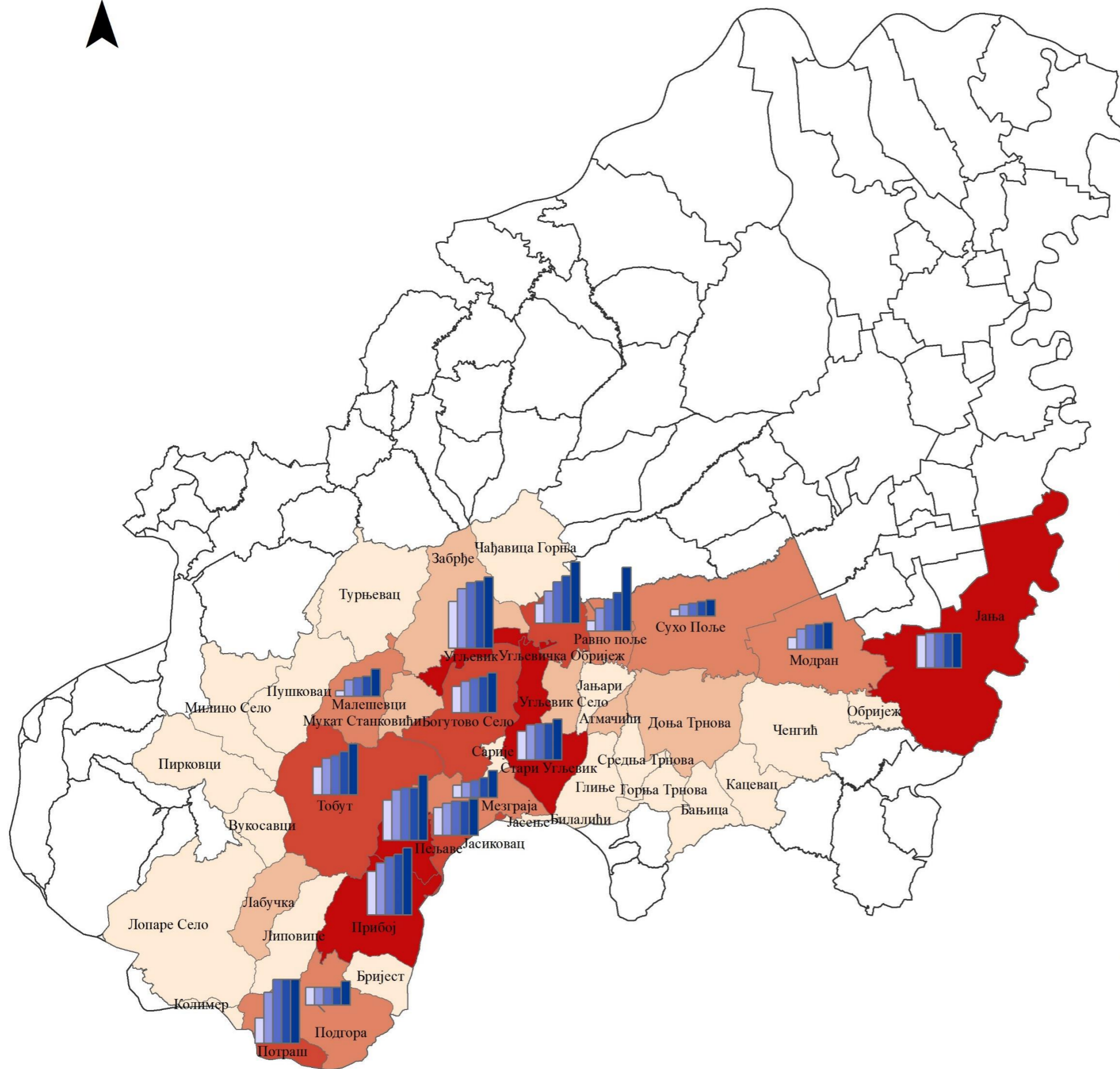
Морфометријске одлике слива Јање (Модрана)



1 : 200000



Насеља у сливу Јање према угрожености великим водама

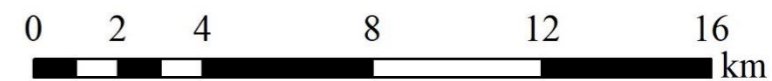
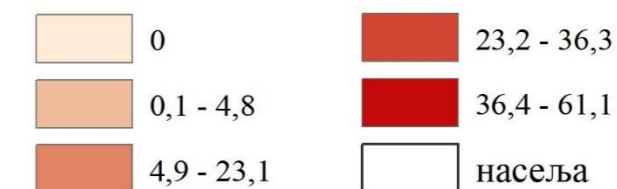


Легенда

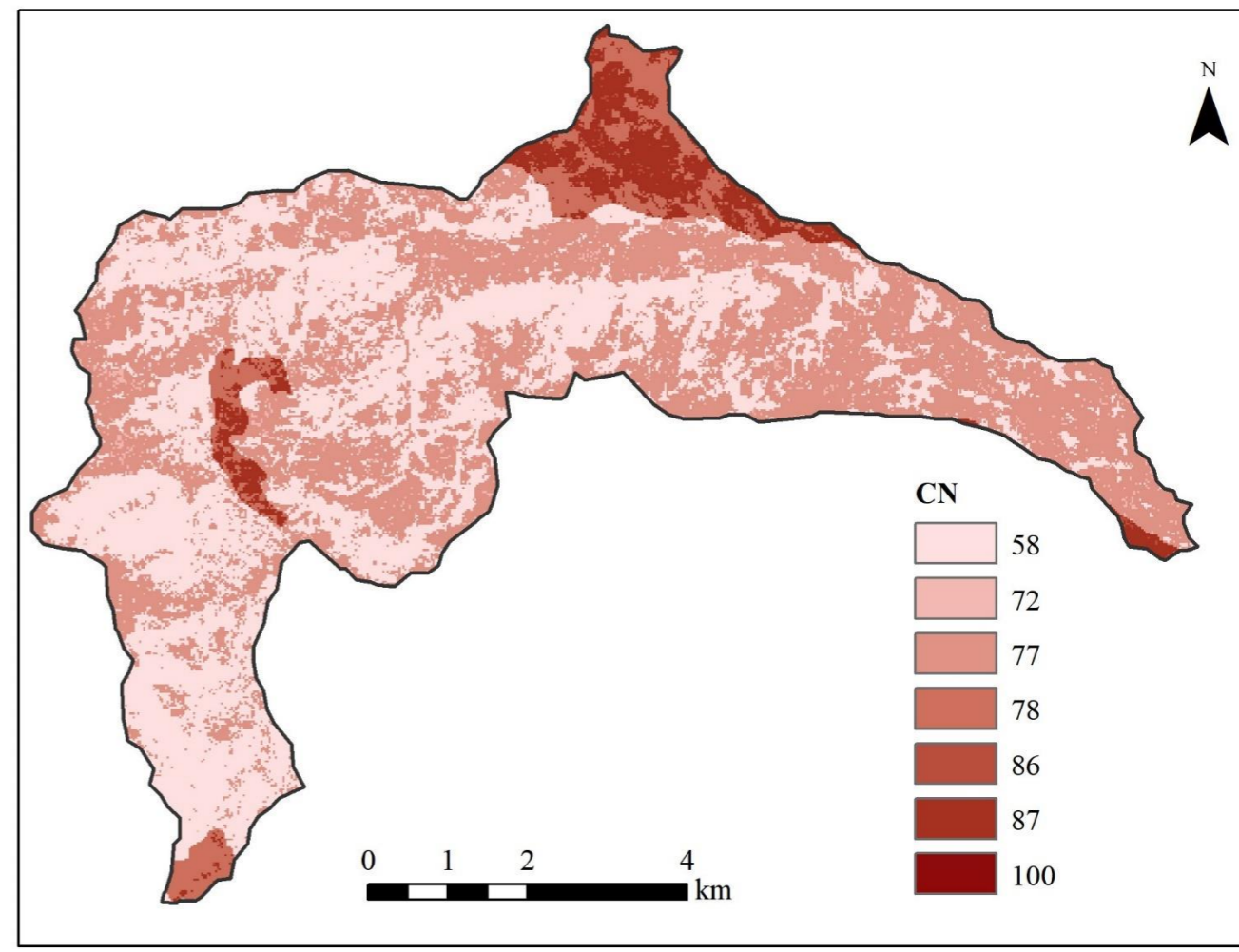
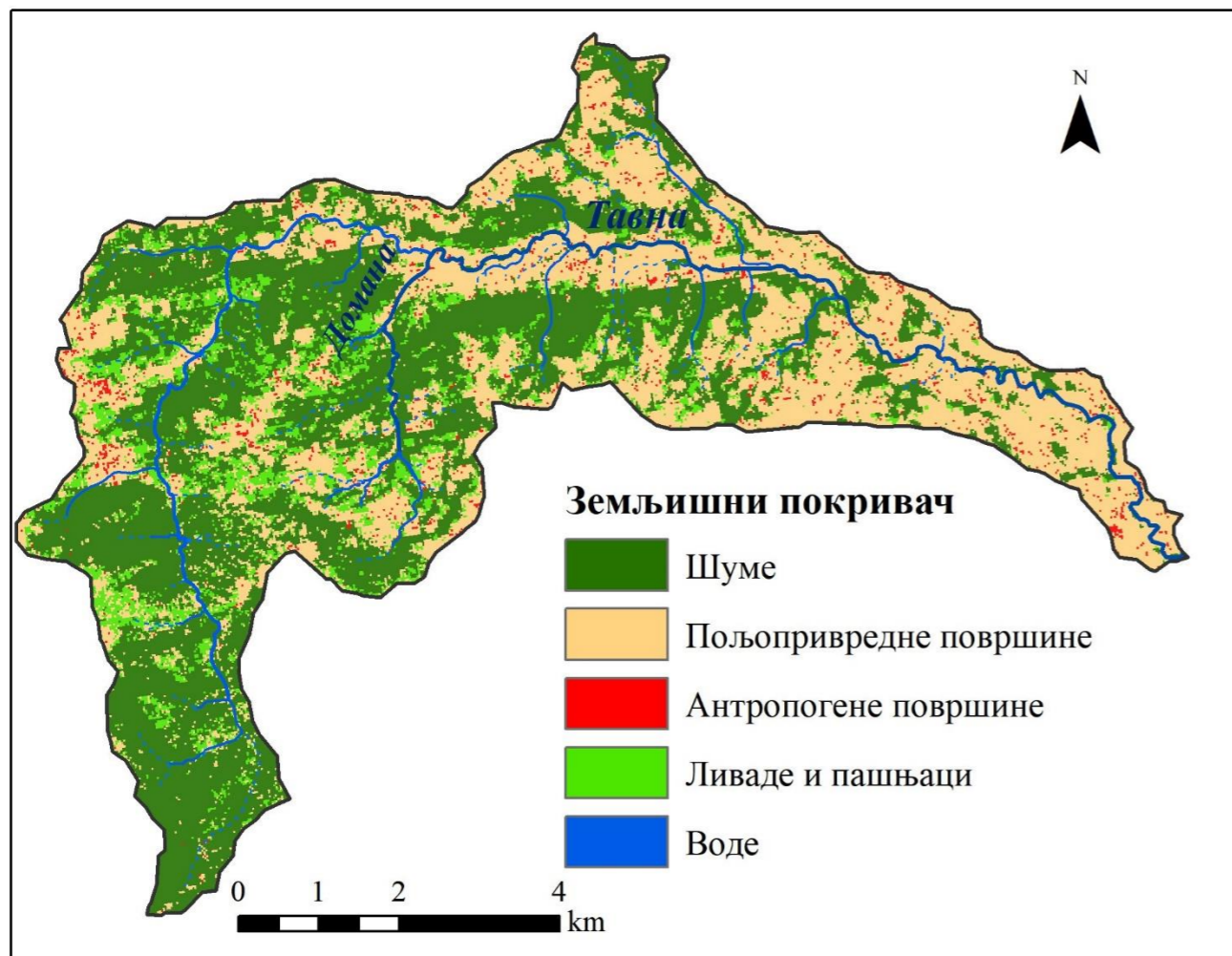
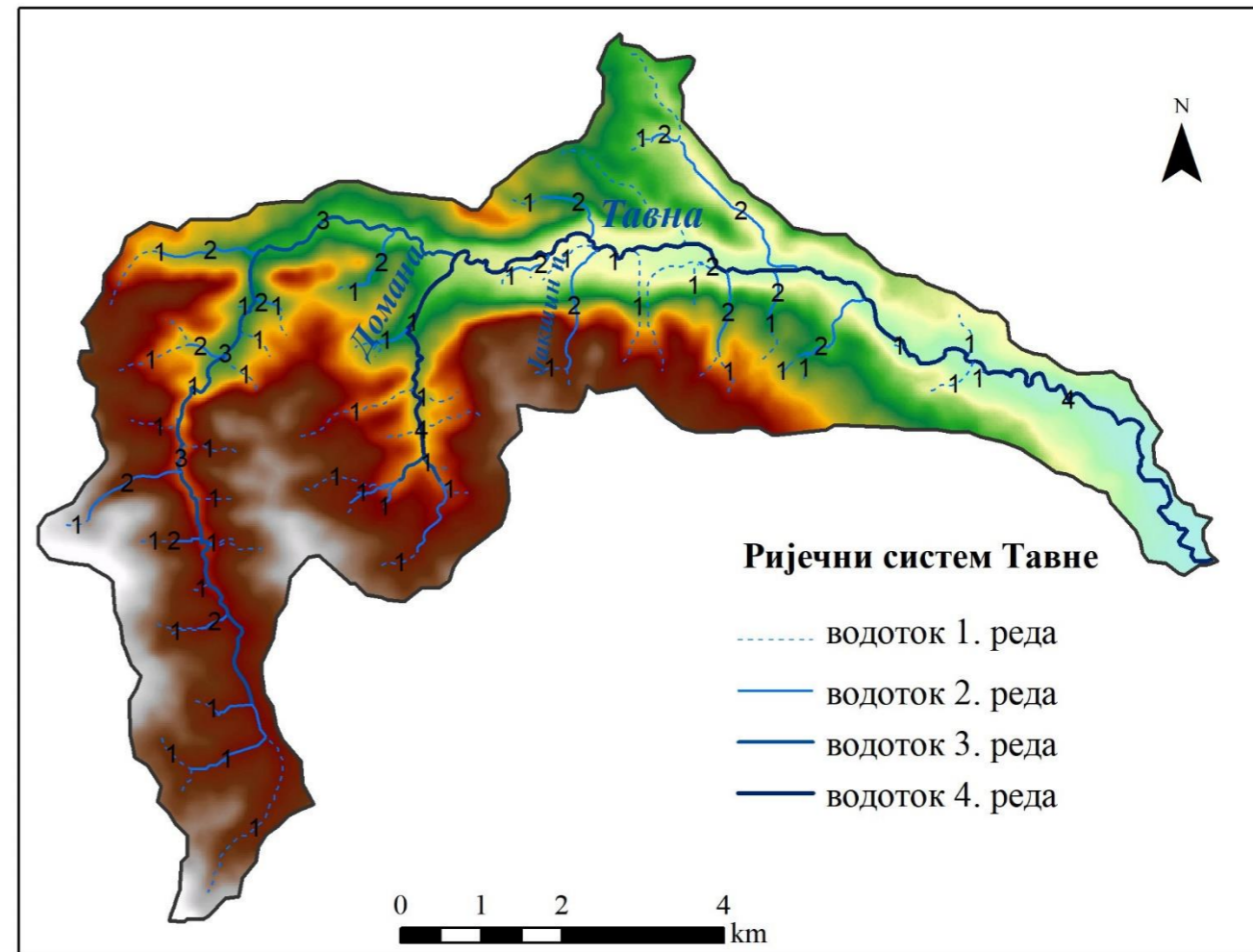
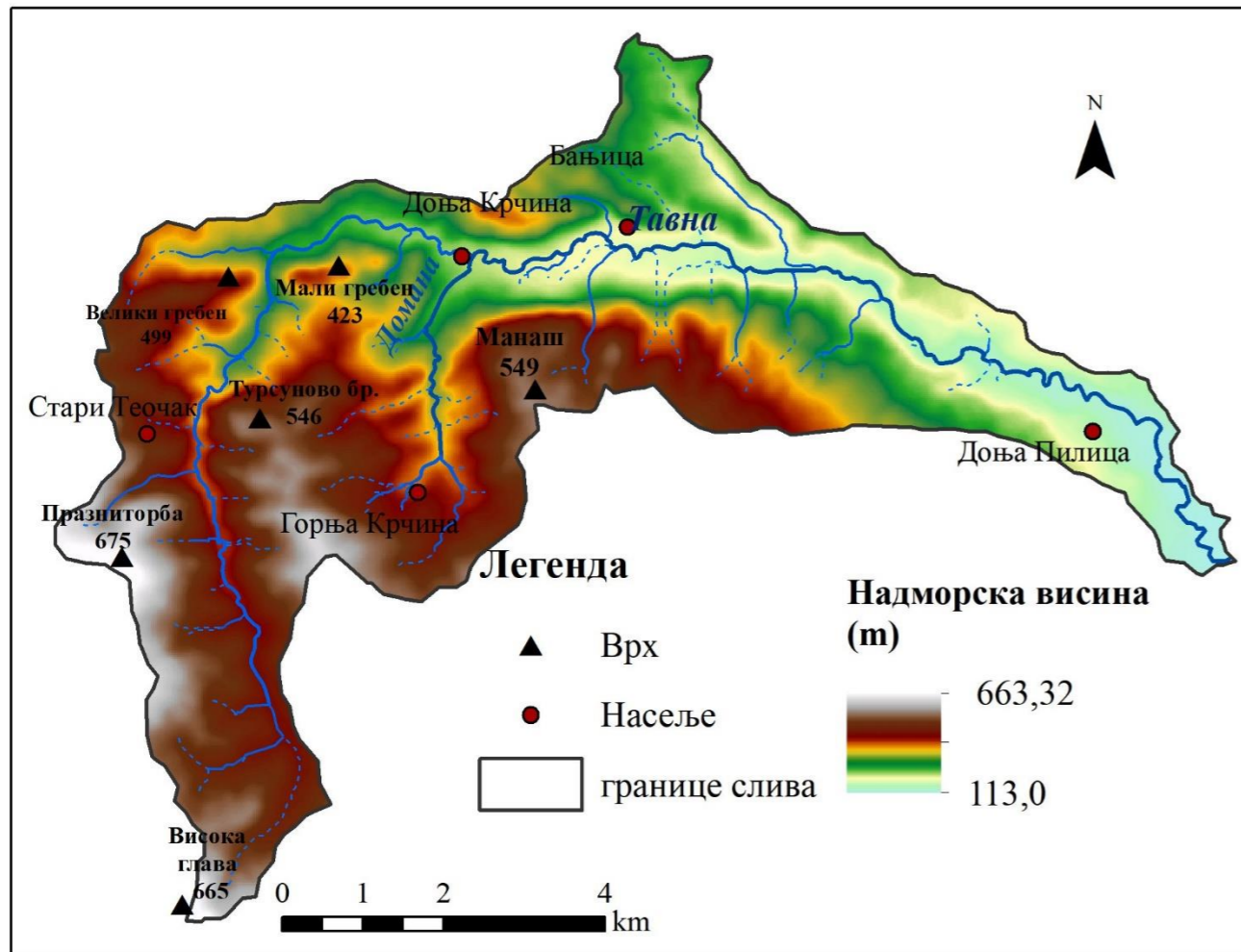
Насеља према % урбаних површина изложених плављењу

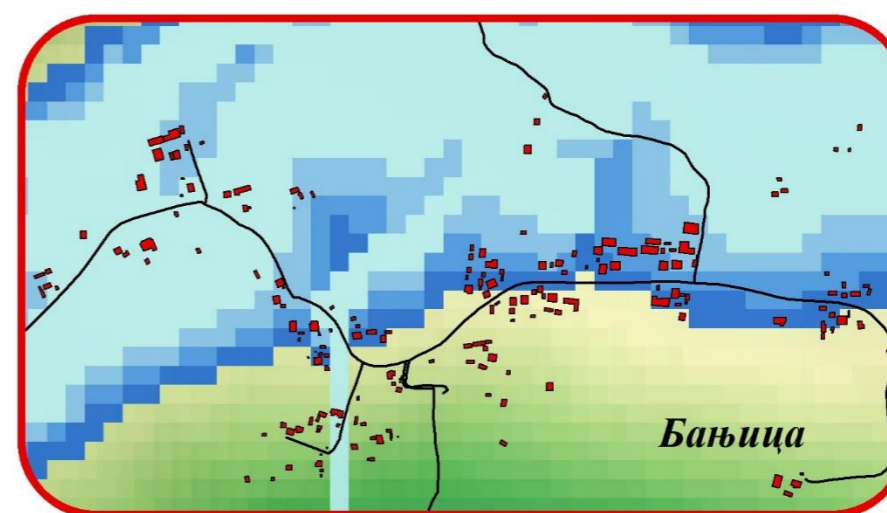
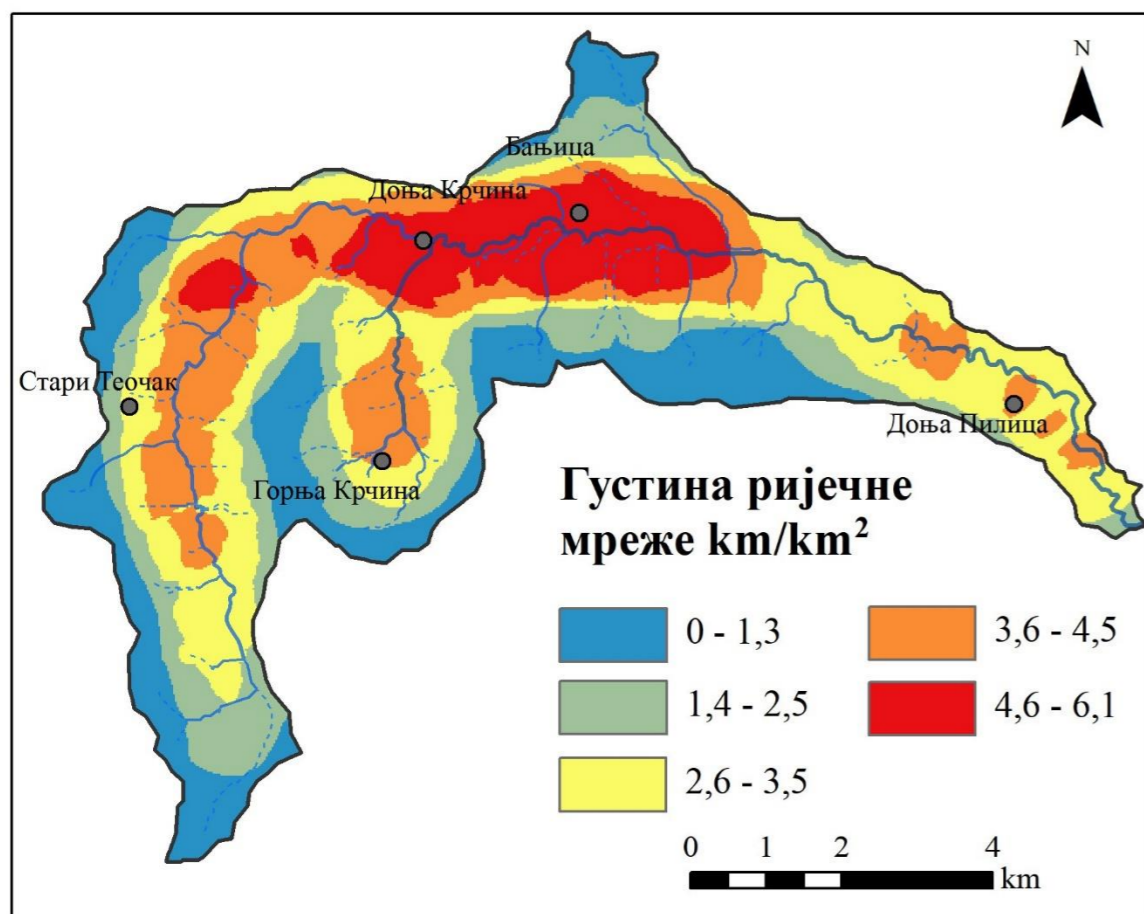
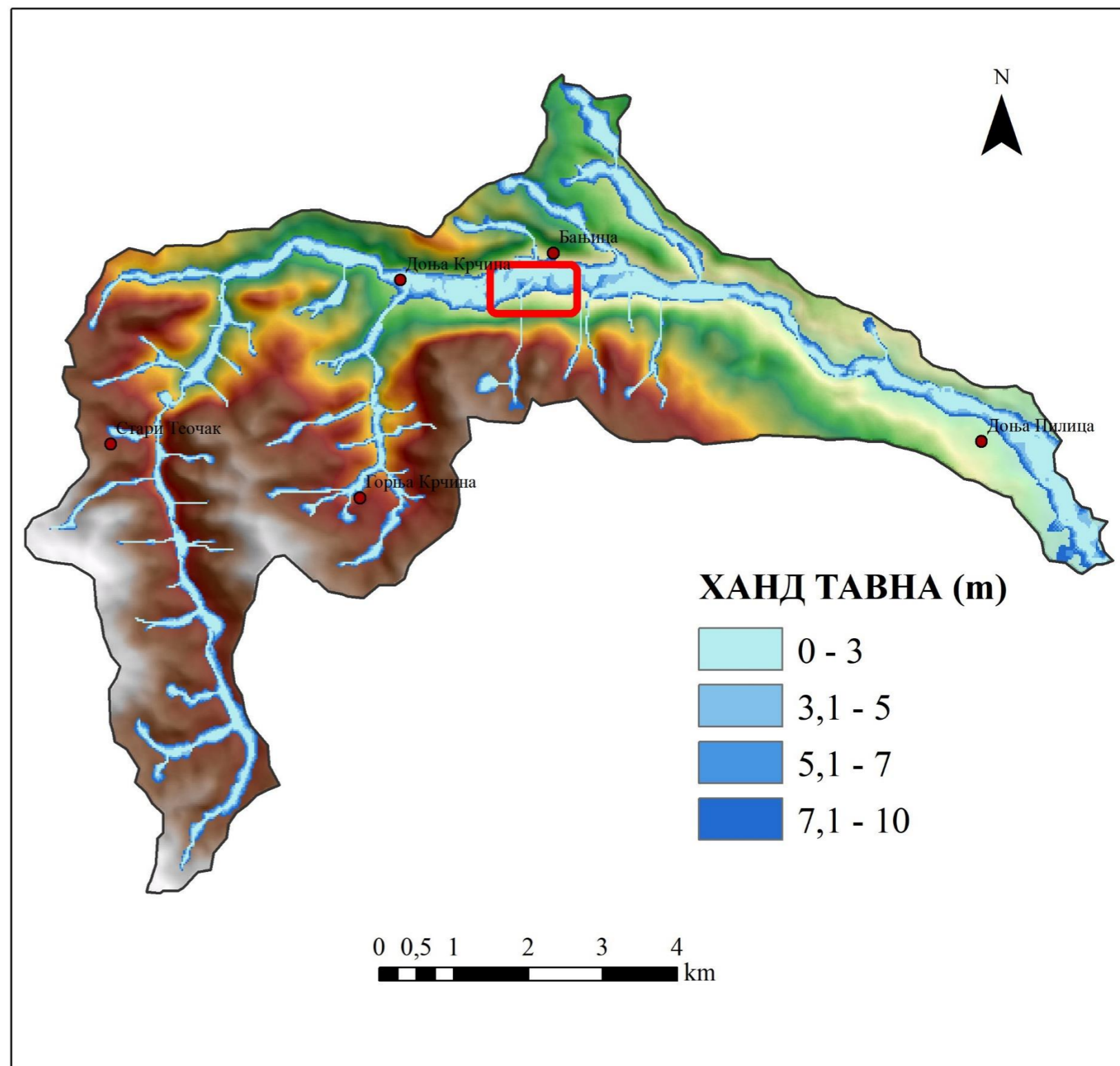
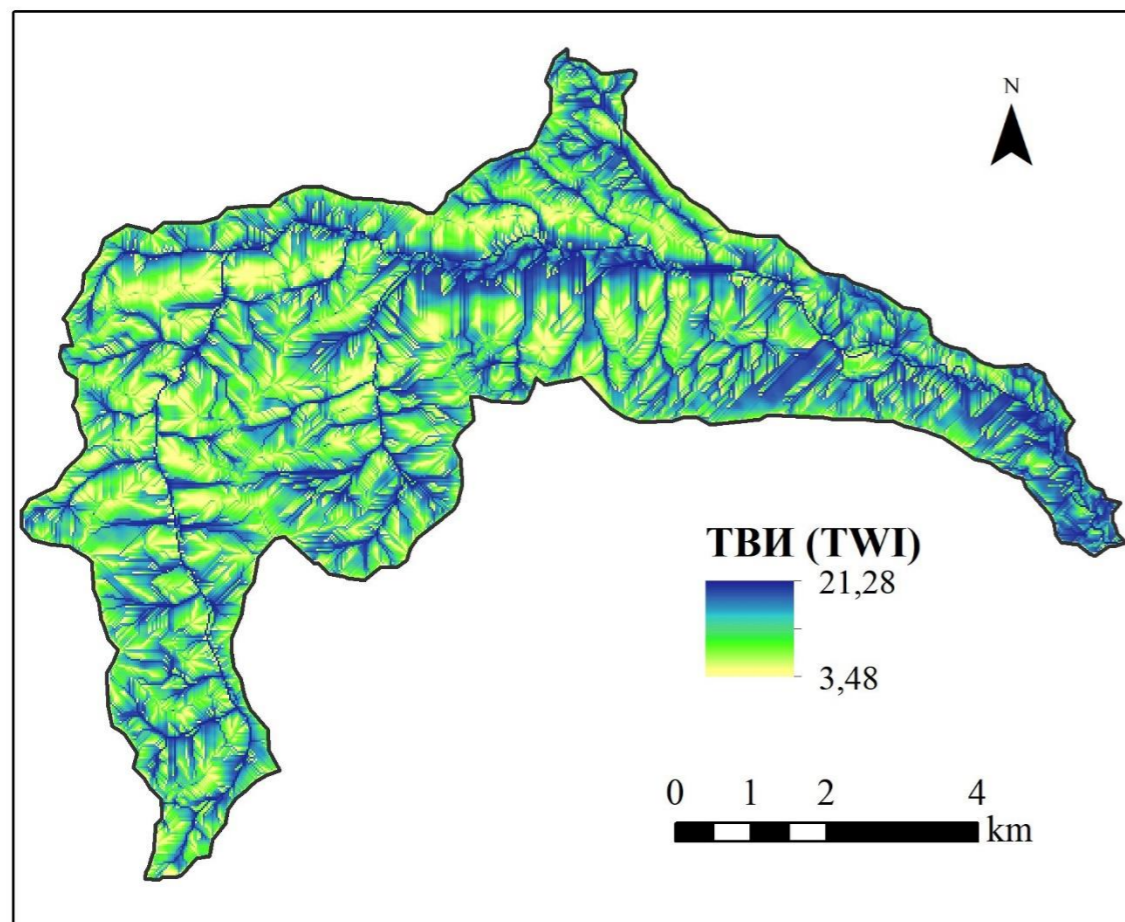


Најугроженија насеља према % урбане површине изложене плављењу (5-годишње вв)

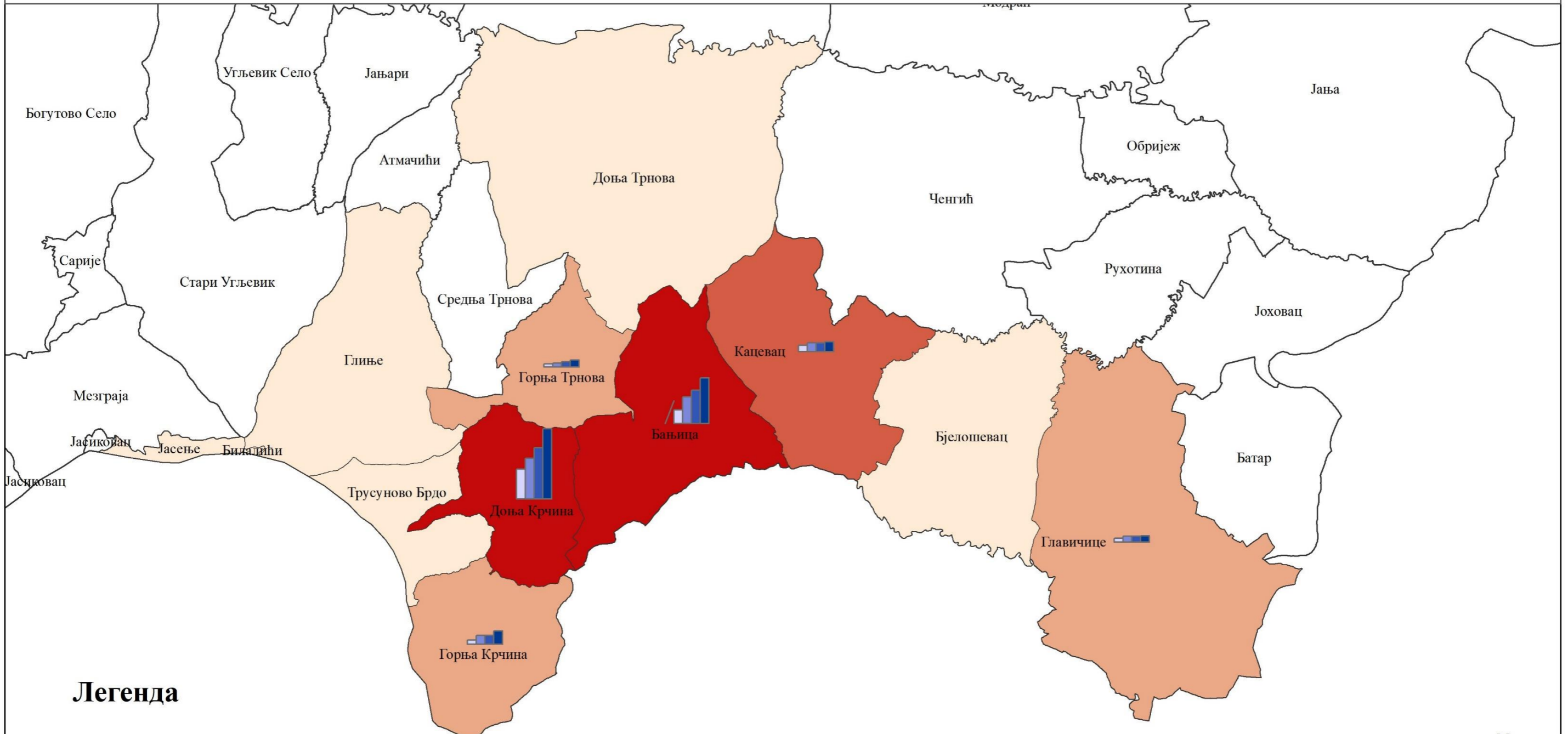


Морфометријске одлике слива Тавне





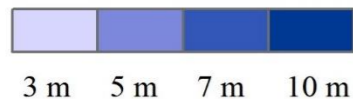
Насеља у сливу Тавне према угрожености великим водама



Легенда

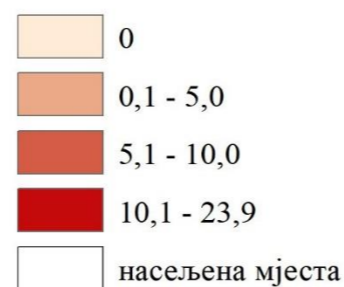
Насеља према % изграђених површина изложених плављењу

3,5 % 28 %

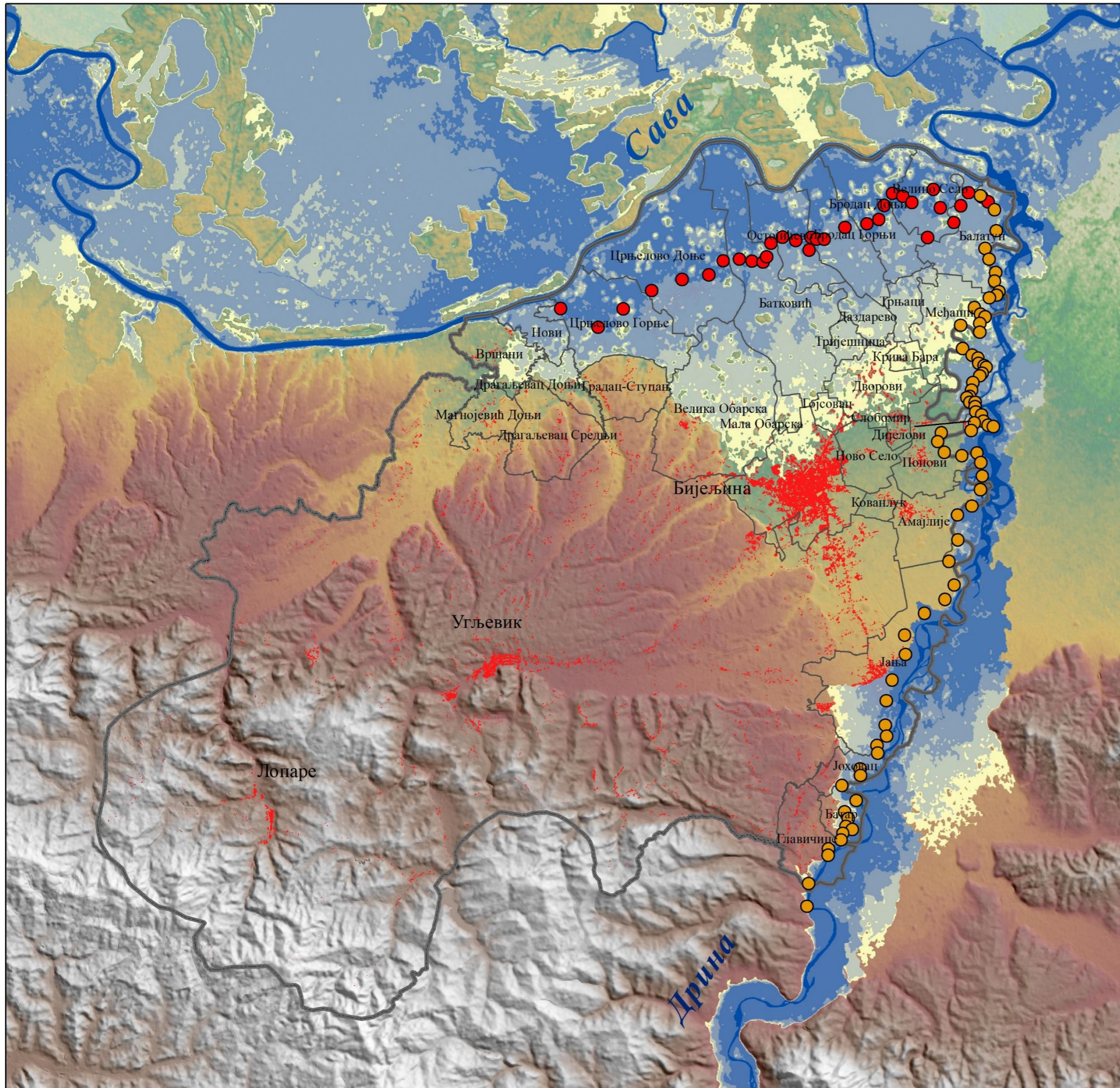


v - висина водостаја у m (апроксимација)




Најугроженија насеља према % изграђене површине изложене плављењу (апрокс. водостај 3 m)





Површине угрожене вел. водама Саве и Дрине







Легенда

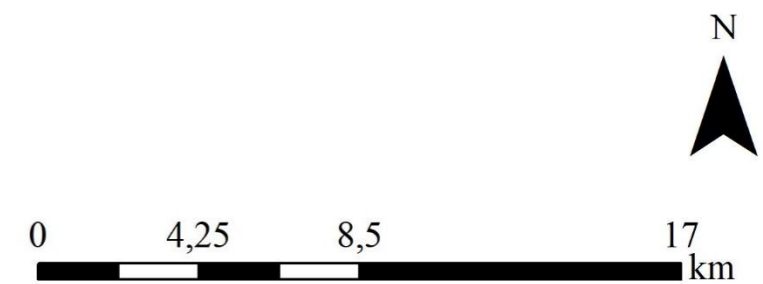
-  границе
-  границе насељених мјеста
-  урбане површине

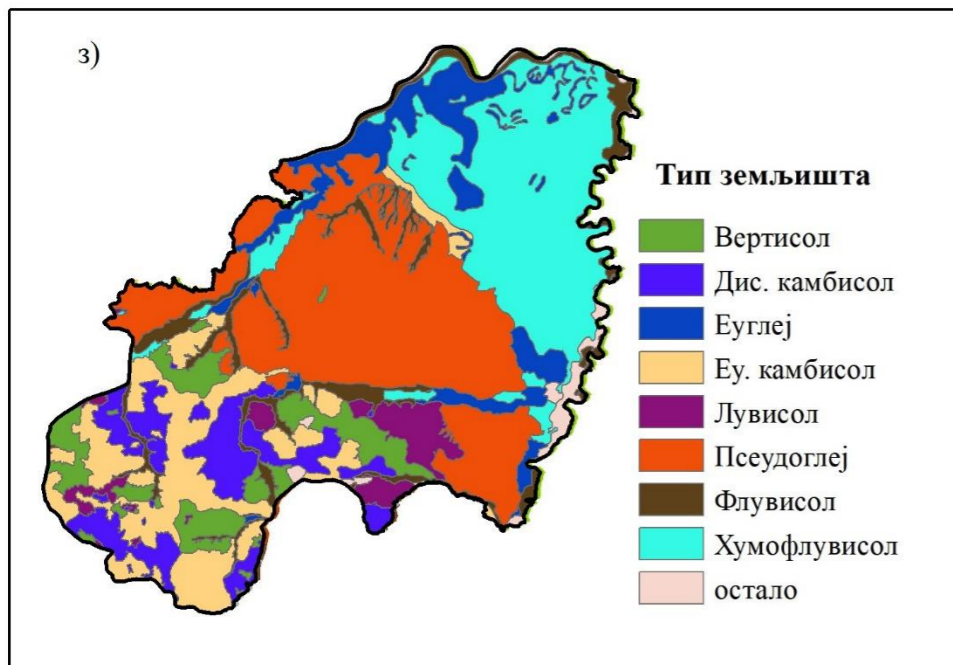
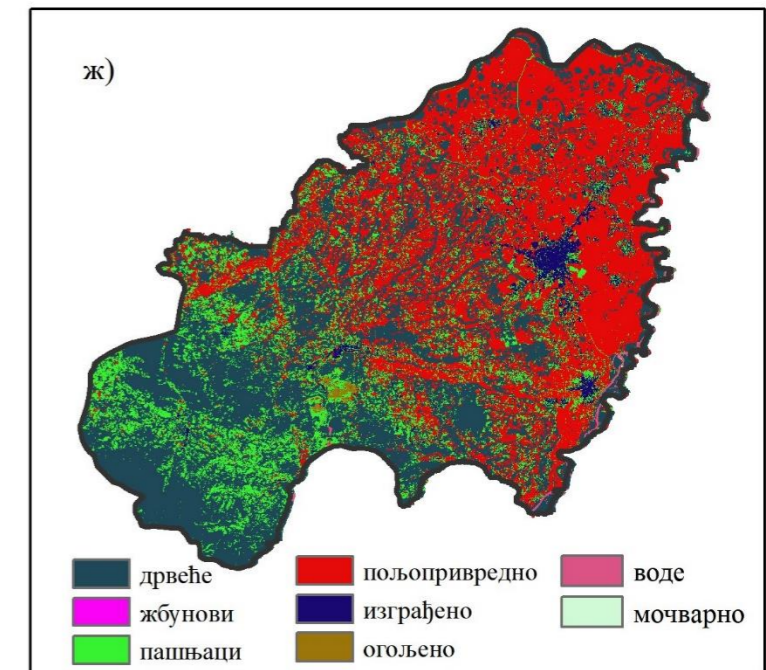
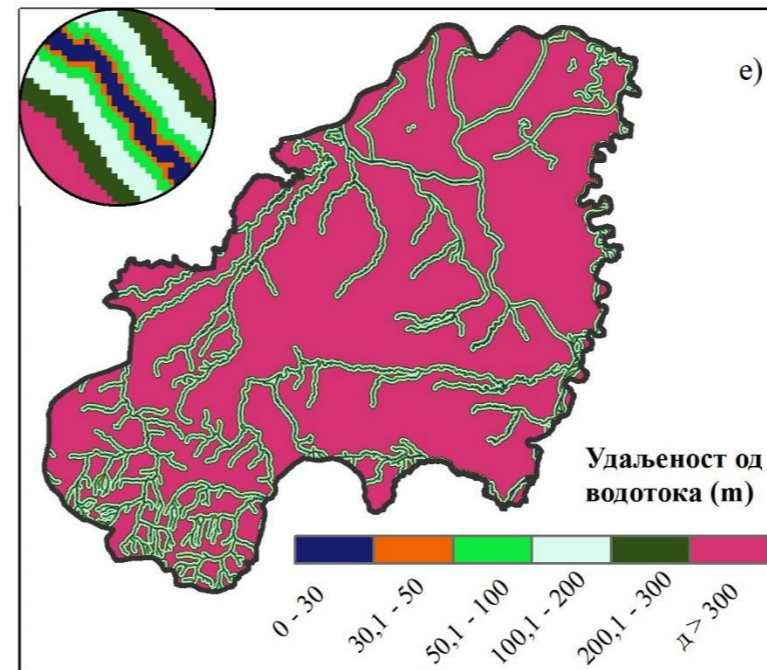
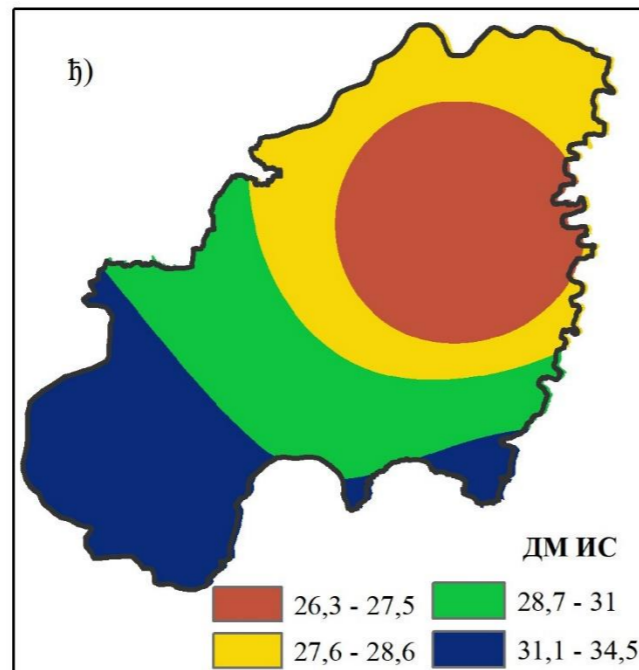
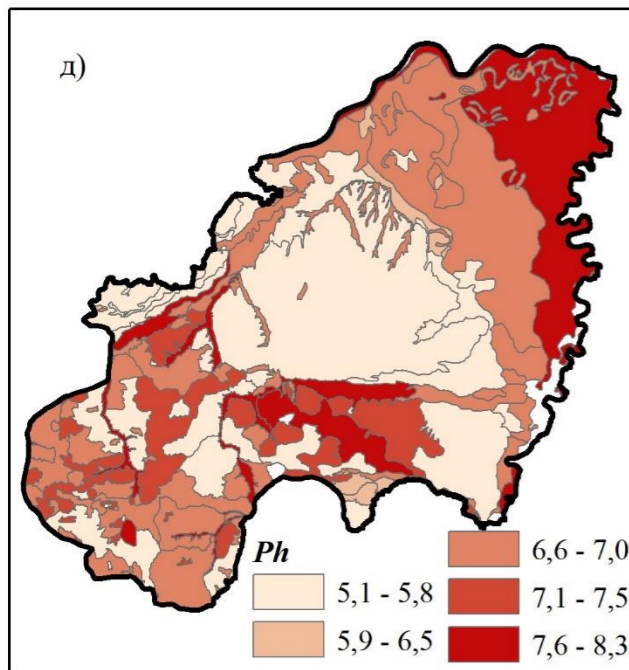
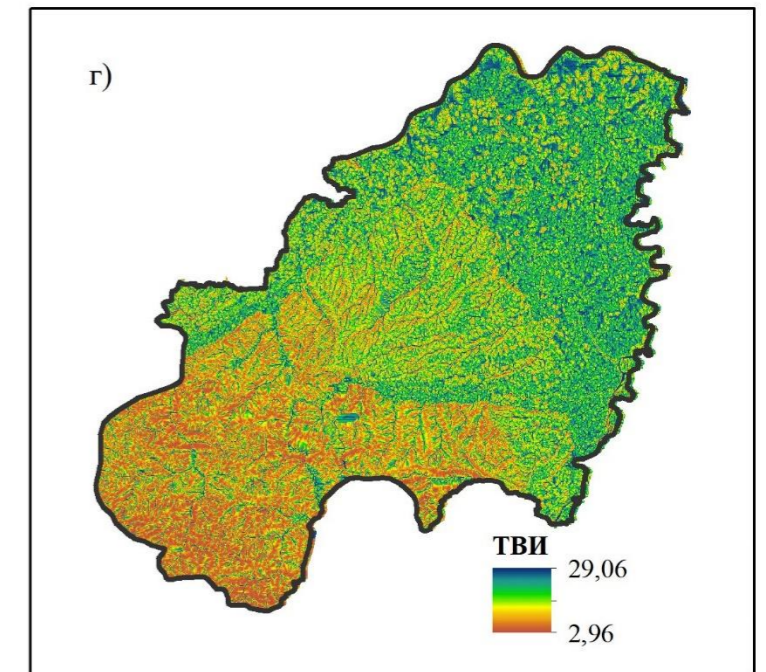
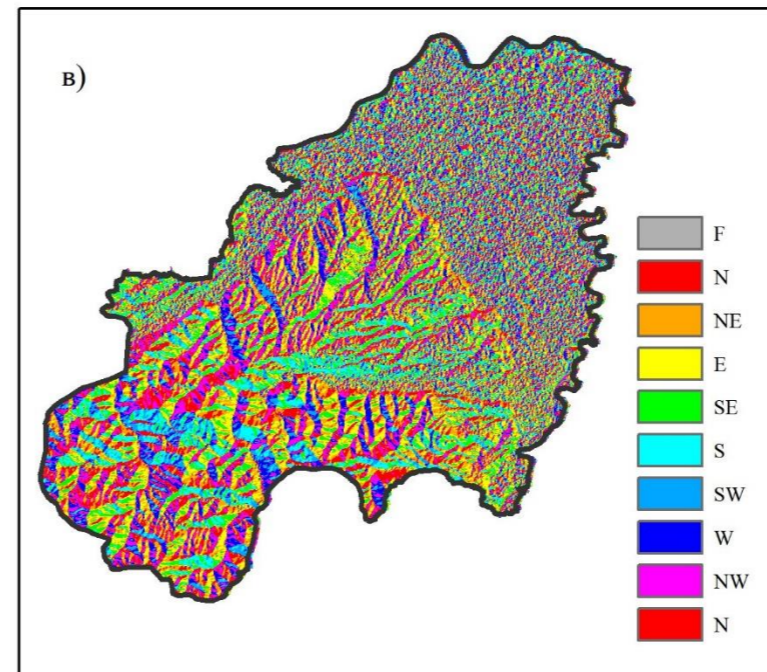
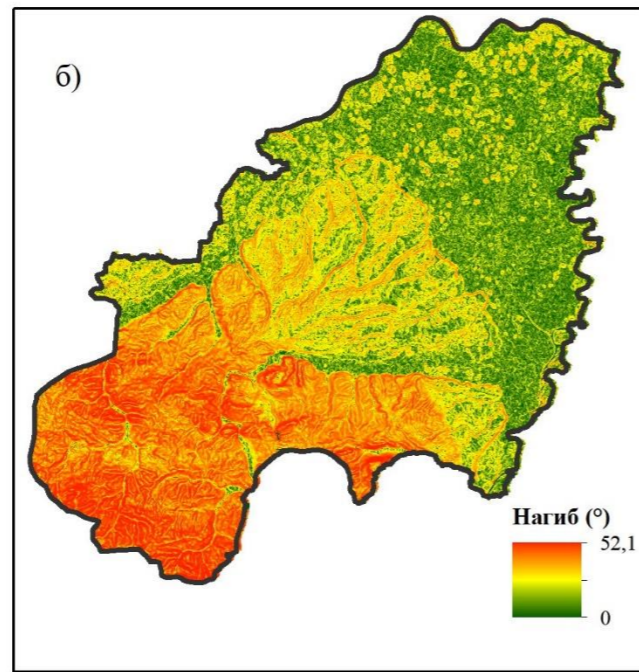
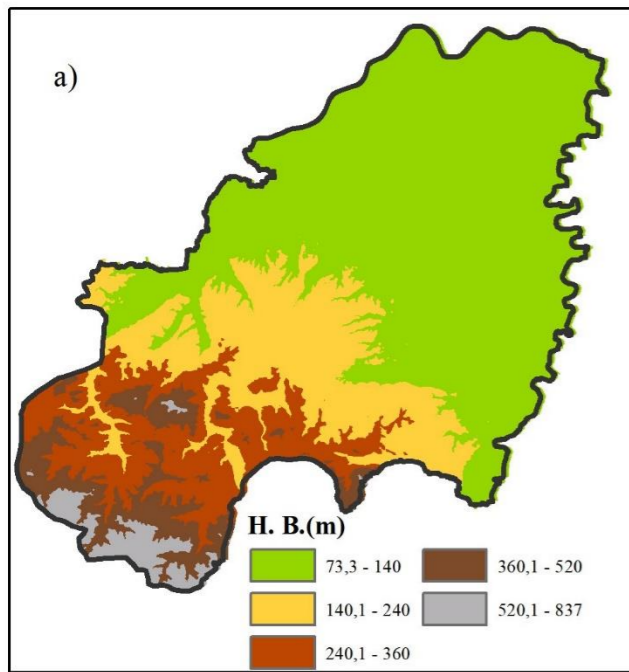
Граничне локације са највећом изложеношћу плављењу према "Воде РС"

-  тачке високе изложености Сава
-  тачке високе изложености Дрина

ХАНД САВА И ДРИНА (m)

-  0 - 7
-  7,1 - 10
-  10,1 - 13
-  13,1 - 15

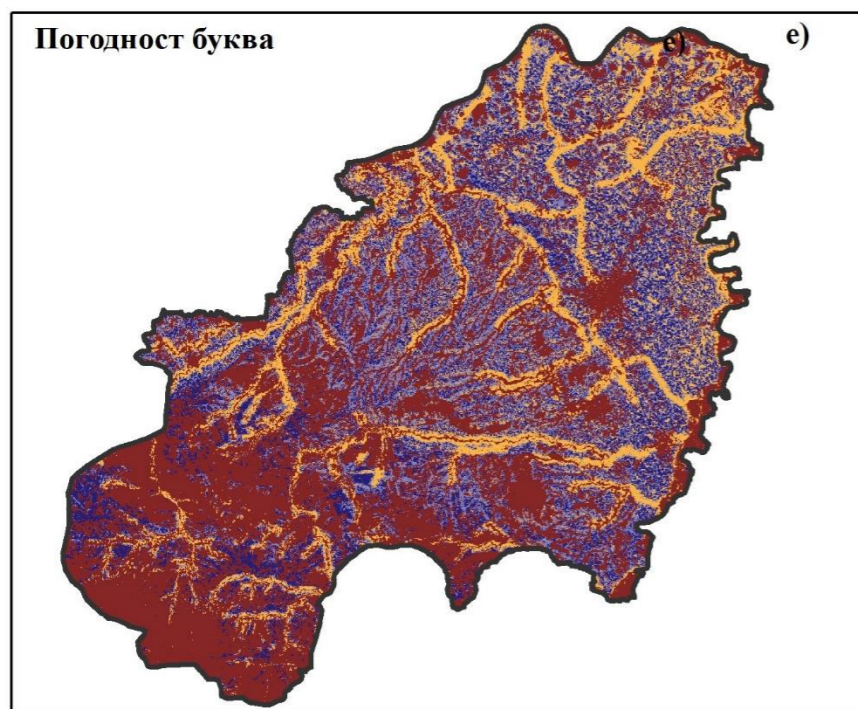
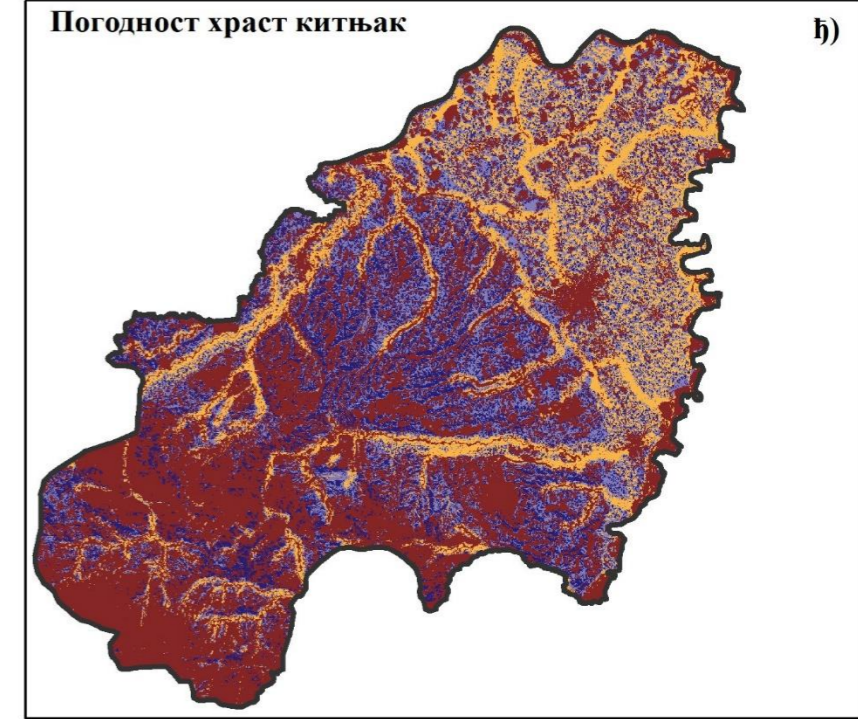
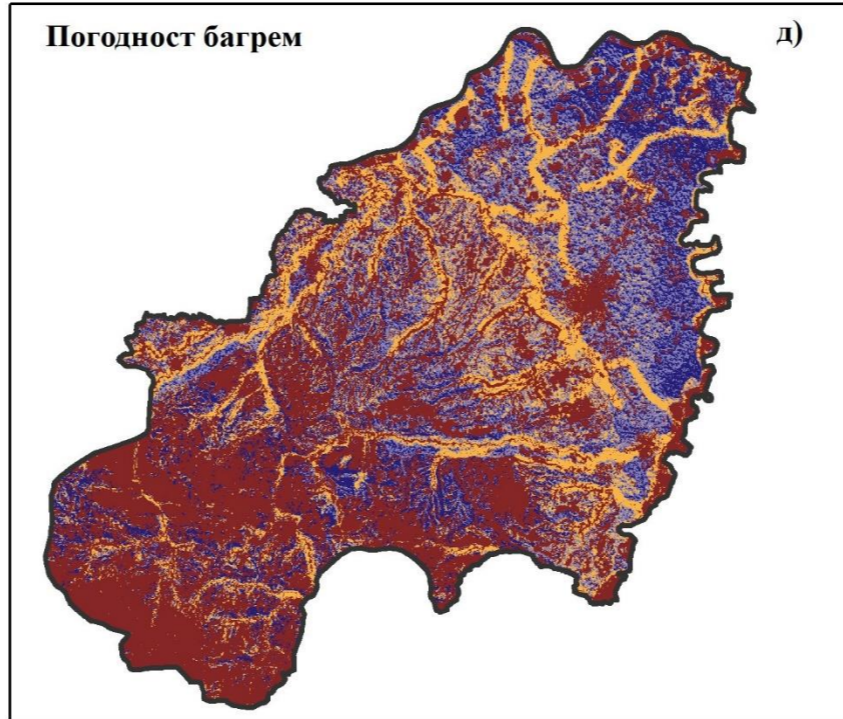
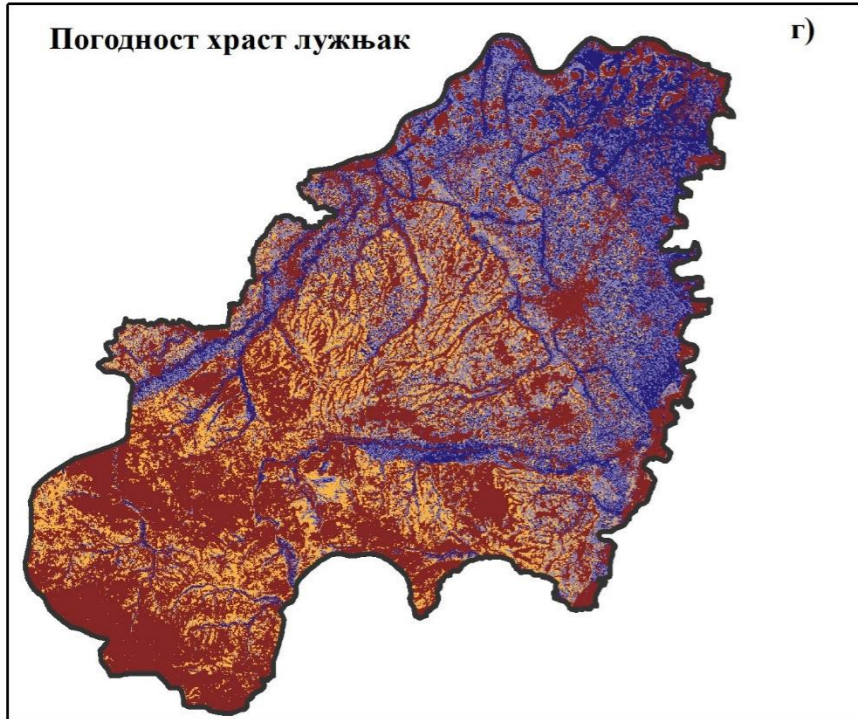
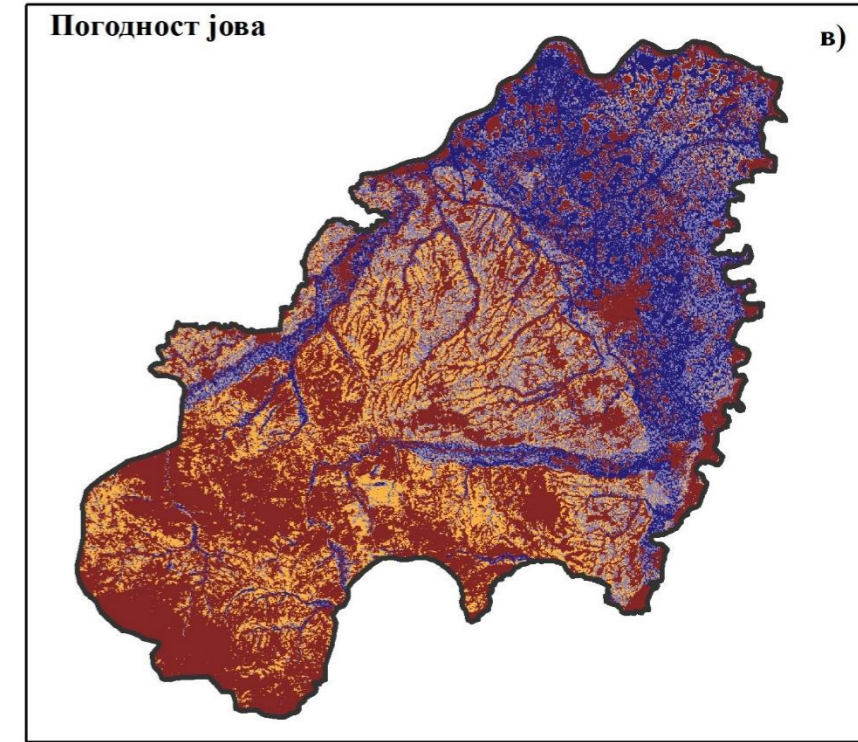
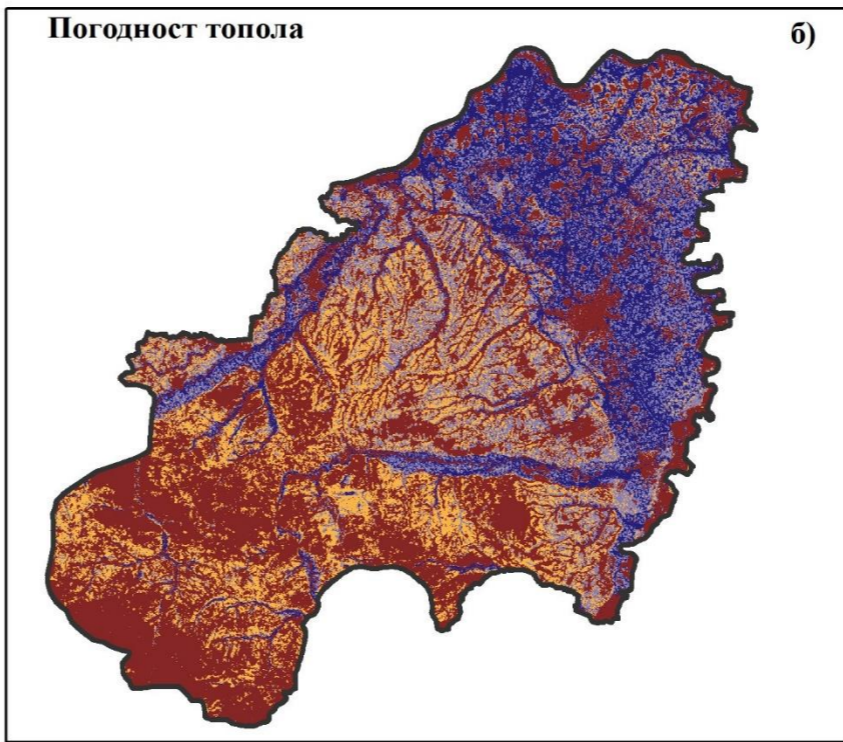
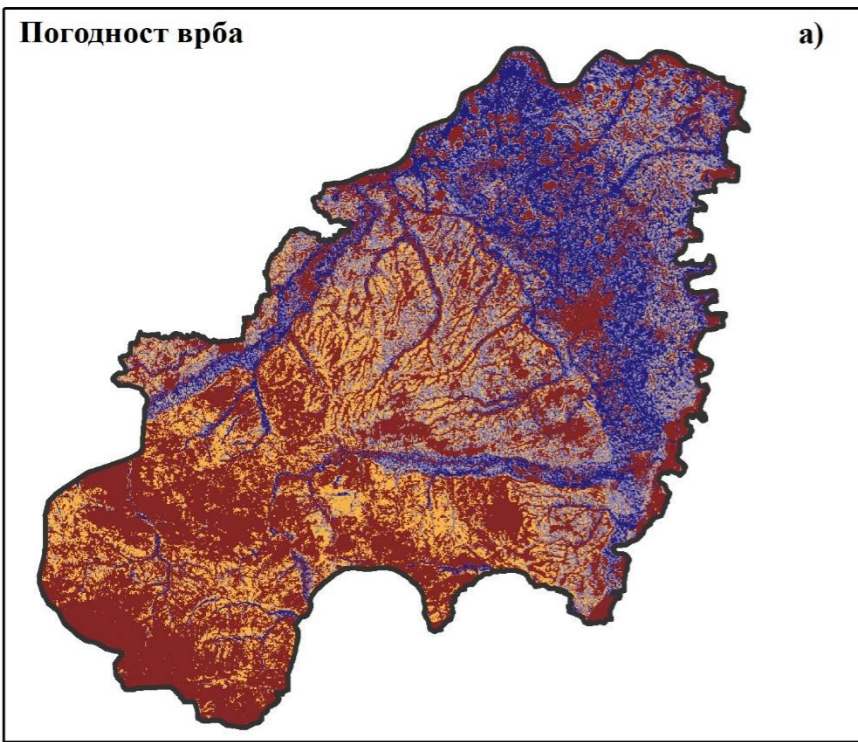




КАРТЕ КРИТЕРИЈУМА ПРИМИЈЕЊЕНИХ У АНАЛИЗИ ГЕОПРОСТОРНЕ ПОГОДНОСТИ ЗА ПОТРЕБЕ АГРОШУМАРСТВА





1:600000

0 5 10 20 30 40 50 60 km

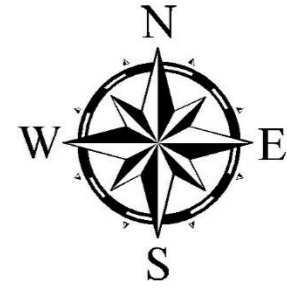
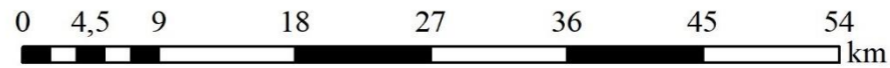


ЛЕГЕНДА

Категорије погодности површина за потребе заштитних агрошумских система

-  непогодно
-  слабо погодно
-  умјерено погодно
-  веома погодно

1:500000





Б. Грабовача - реликтни меандар Саве



Ревир Швапска ада



Културно-историјски локалитети

- 1 Агића гробље - споменик из средњег
- 2 Археолошко налазиште из римског доба
- 3 Баљак - археолошки налаз
- 4 Центар за културу Филип Вишњић
- 5 Јабланград - средњовјековни локалитет
- 6 Крчевине - средњовјековна некропола (стеџи)
- 7 Лозовина - средњовјековни споменик (саркофаг)
- 8 Манастир Тавна
- 9 Музеј Семберије
- 10 Средњовјековна некропола Мраморје
- 11 Национални споменик - њемачка евангелистичка црква
- 12 Средњовјековна некропола Хајдуково брдо
- 13 Римска вила Тутњевац
- 14 Споменик Краљу Петру I Карађорђевићу
- 15 Стеџи у Липовицама - средњовјековна некропола
- 16 Стеџи у Мраморју

Легенда

- Геолокалитети**
- 1 Б. Грабовача - реликтни менадар Саве
 - 2 Громижељ
 - 3 Извор Змајевац
 - 4 Новакова пећина
 - 5 Палеонтолошки локалитет Вучјак
 - 6 Ревир Швапска ада
 - 7 Водопад Скакавац
 - 8 Шупља стијена

- Допунски садржаји**
- Бања Дворови
 - 1 Еко кампови Амајлије
 - 2 Еколошки парк (камп)
 - Етно село Станишић
 - 1 Излетиште Љељенча
 - 2 Излетиште Натура Бусија
 - Извор Бегова чесма
 - Долина потока Веселиновац
 - Воденица Коренита
 - Туристички инфо центар



поток Веселиновац



Рудник Угљевик



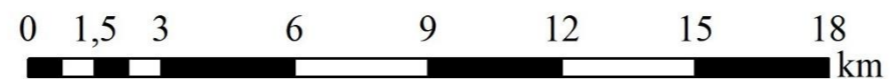
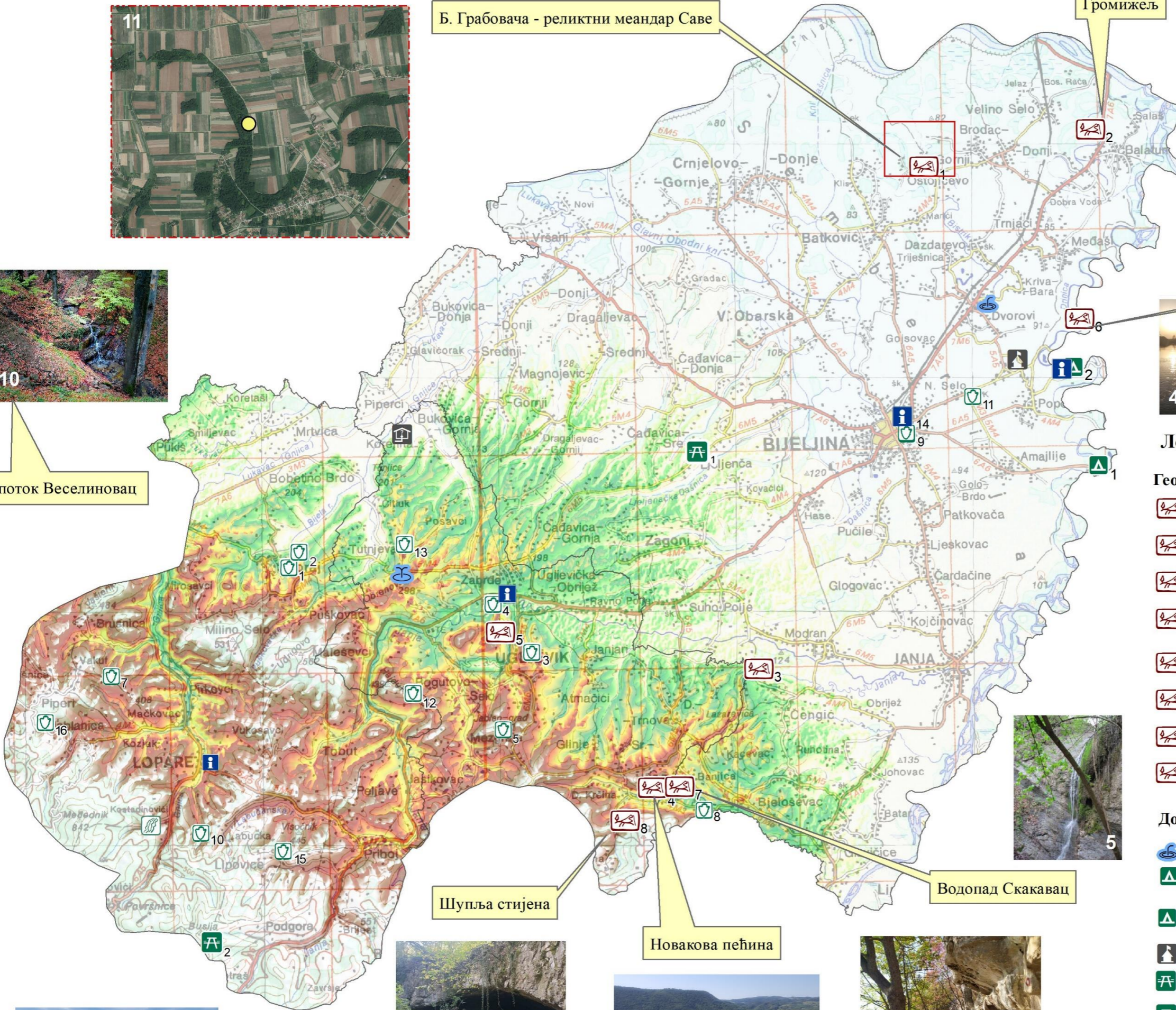
Шупља стијена

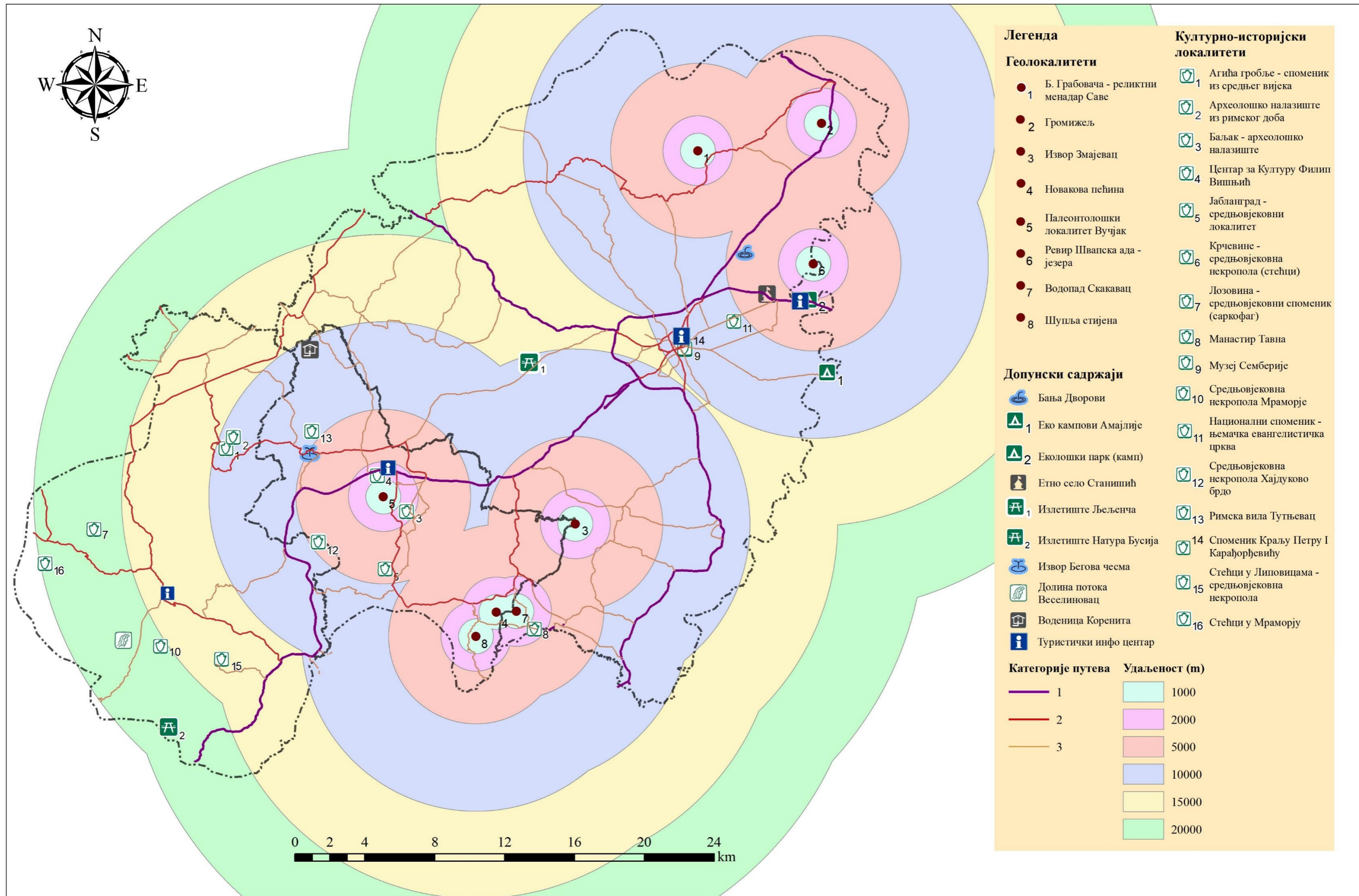


Новакова пећина

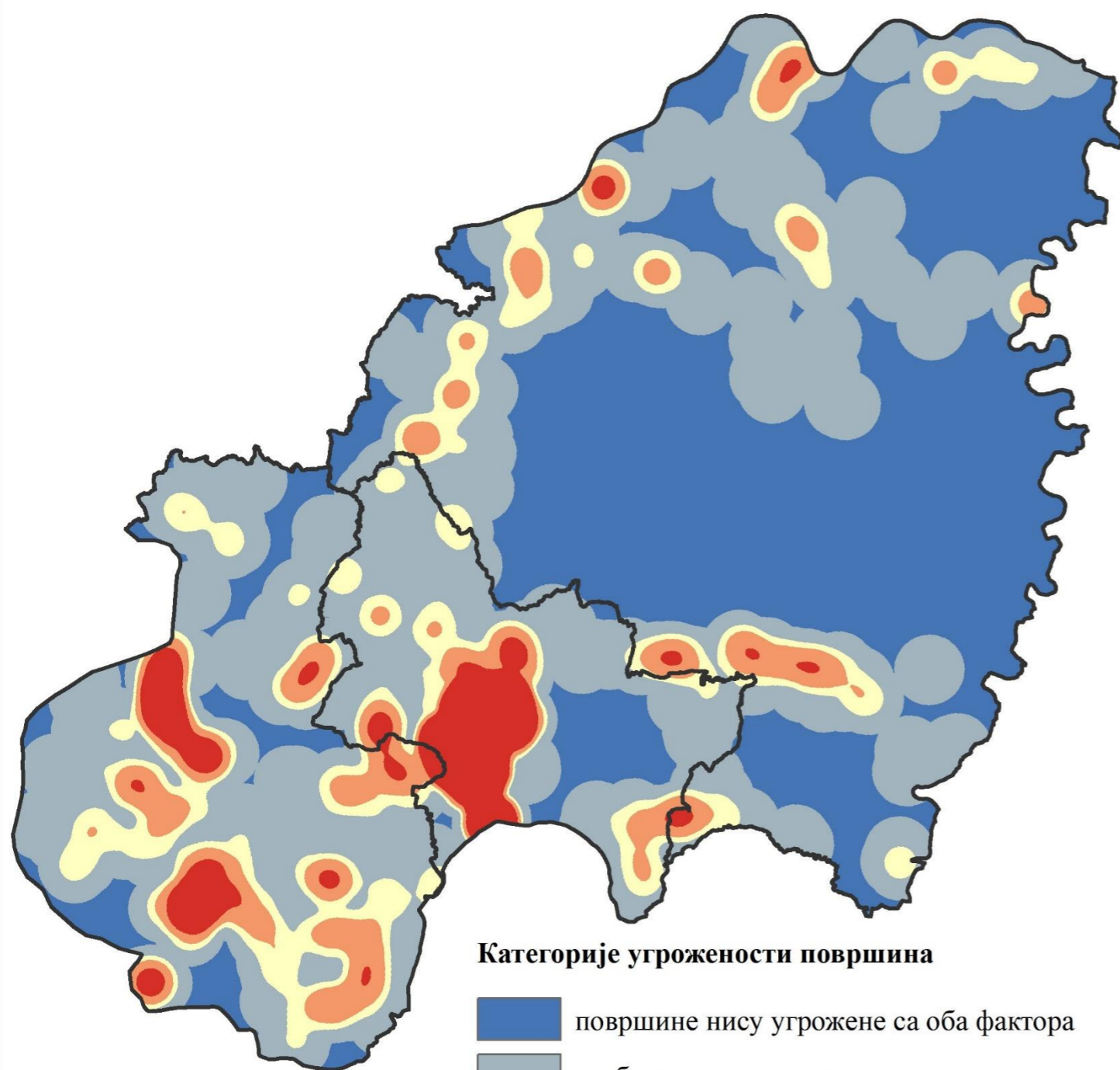


Водопад Скакавац

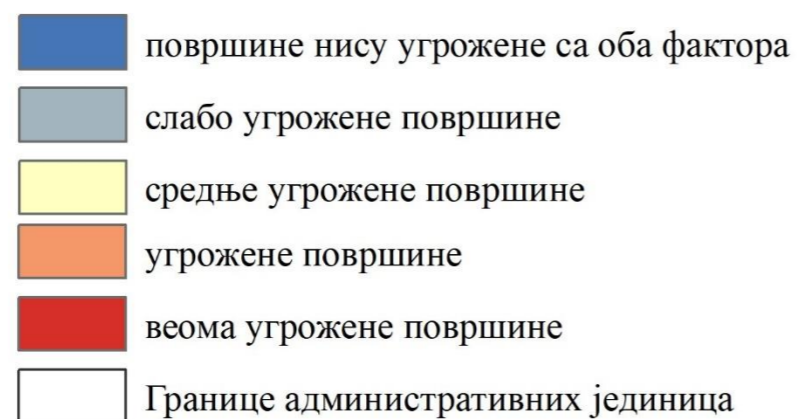




Категорије површина према комбинованом фактору угрожености K_{fu}

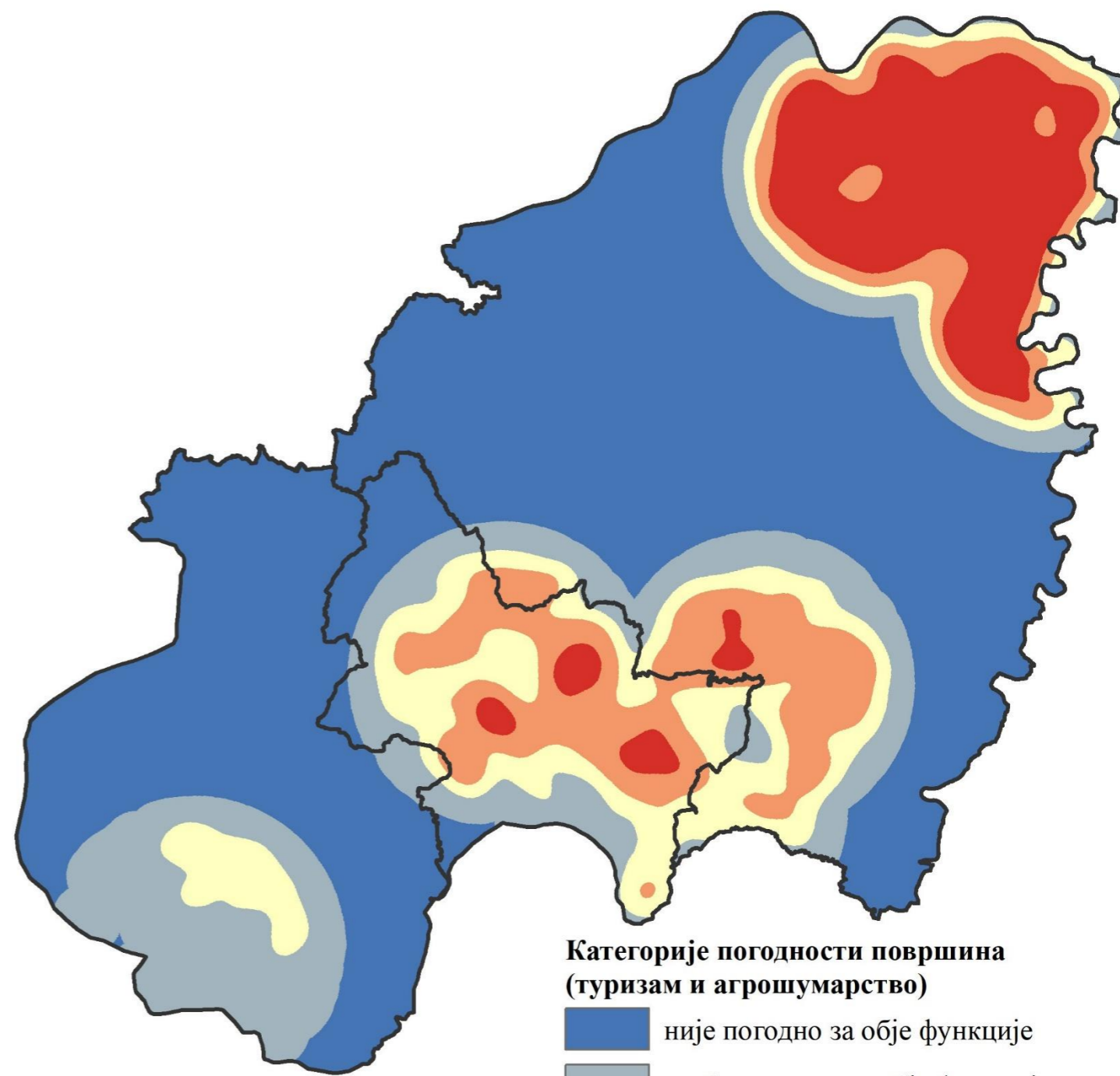


Категорије угрожености површина

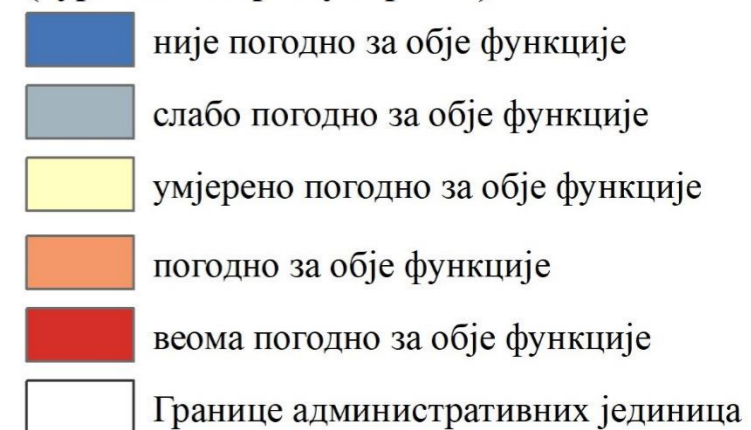


а)

Категорије површина према комбинованом фактору погодности K_{fv}

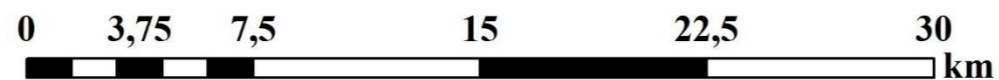


Категорије погодности површина (туризам и агрошумарство)

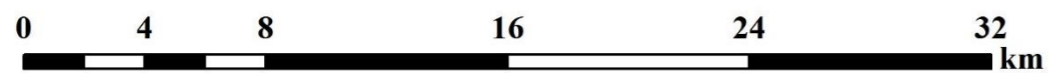
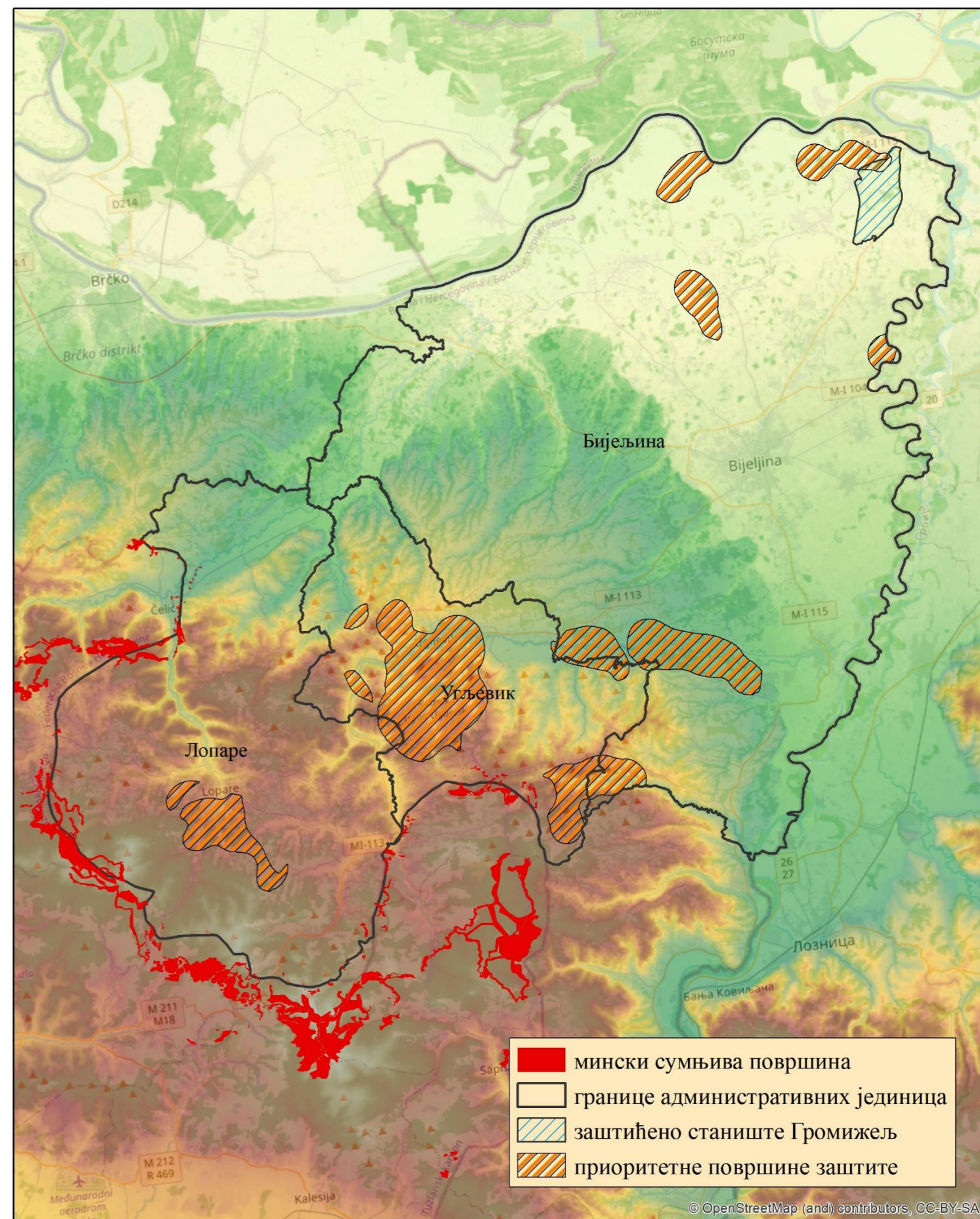
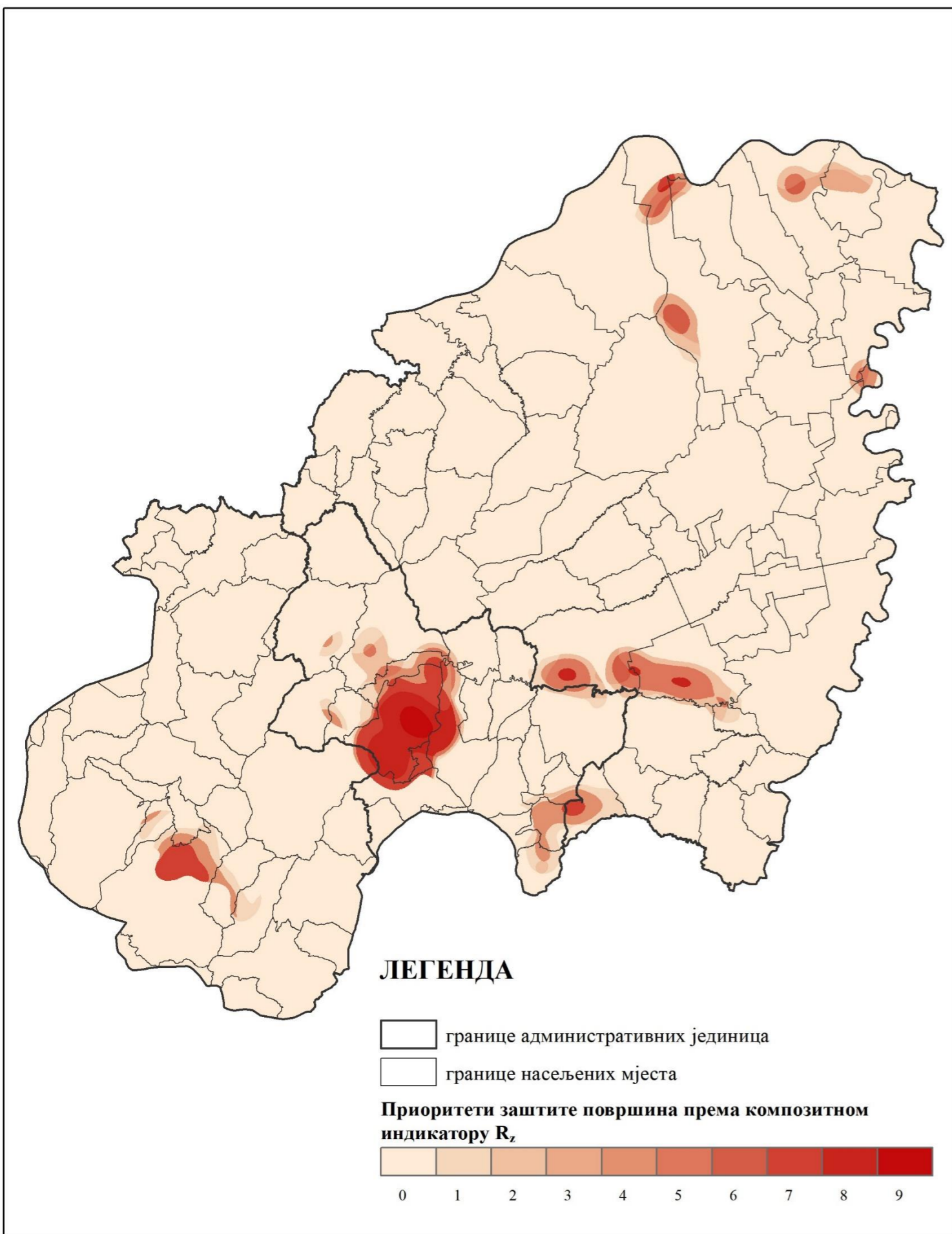


б)

1:250000



ПРИОРИТЕТИ ЗАШТИТЕ ПОВРШИНА ПРЕМА КОМПОЗИТНОМ ИНДИКАТОРУ R_z



1:250000



20. БИОГРАФИЈА

Санда Шушњар рођена је 5. марта 1990. године у Сарајеву, у Босни и Херцеговини. Од 1992. године живјела је у Вишеграду, гдје је завршила основну школу, а затим Гимназију. На студијски програм за географију, на Филозофском факултету Универзитета у Источном Сарајеву, уписала се 2009. године. Основне студије завршила је у октобру 2013. године и стекла звање *професор географије*. Током студија била је стипендиста Министарства просвјете и културе Републике Српске, у категорији успјешних студената. Мастер рад под називом „*Просторно-функционална анализа општине Пале*“, одбранила је 8. јуна 2017. на Географском факултету Универзитета у Београду и стекла звање *мастер географ*. Академске 2017/18 уписала се на докторске студије, Географског факултета Универзитета у Београду. Од 2014. године запослена је у звању асистента, а потом вишег асистента на Катедри за географију, Филозофског факултета Универзитета у Источном Сарајеву. У својству докторанда, учествовала је на међународној лјетној школи „*Novi Sad Nature based solutions and climate-sensitive urban design training school*“, одржаној у септембру 2021. године на Природно-математичком факултету Универзитета у Новом Саду. У јуну 2022. учествовала је на међународној лјетној школи „*Filling common gaps in measured data. Homogenization of the micrometeorological station networks data*“, одржаној на Универзитету у Тесалији, у Волосу, у Грчкој. Као млади истраживач учествовала је на пројекту „*Пројена биоклиматских услова у Босни и Херцеговини и Словенији*“, а од 2024. године ангажована је на пројекту Министарства за научнотехнолошки развој и високо образовање, под називом „*Културно-историјско и природно наслеђе општине Вишеград у функцији развоја туризма*“. У периоду од 2014. до данас објавила је већи број научних радова у часописима националног и међународног значаја.